E. OEHL.

MANUALE

DI

FISIOLOGIA

ad uso dei Medici e degli Studenti

PARTE TERZA

Indipendente dalle due parti precedenti.

AZIONI ANIMALI.

MILANO

1877.

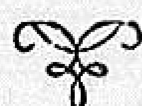


MANUALE

DI

FISIOLOGIA

AZIONI ANIMALI





MANUALE
DI
FISIOLOGIA

AD USO DEI MEDICI E DEGLI STUDENTI

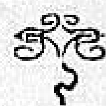
DEL

Dott. EUSEBIO OEHL

Professore di Fisiologia nella Università di Pavia

PARTE TERZA

AZIONI ANIMALI



MILANO
TIPOGRAFIA DI GOLIO GIUSEPPE
Via S. Pietro all'Orto, 23

1877

ALLA DOLCE, UNANIME COMPAGNA

CHE MECO DODICI ANNI DIVISE

GIOIE E DOLORI

ALLA MADRE DEI MIEI FIGLI AMATISSIMI

FRANCESCA PARONA

CHE UN DESTINO FATALE POTÈ STRAPPARMI

DAL FIANCO, NON DAL CUORE

SCIOGLIENDO IL VOTO ESPRESSO A LEI MORENTE

QUESTO LIBRO DEDICO E CONSACRO.

Correva la vigilia del tanto a me fatale 10 maggio 1874, quando l'amatissima **Consorte** *mia, fiocamente chiedeva leggere e con ciglio già offuscato leggeva la Dedica, che io del presente libro avevale offerta e che Ella con iscarno e mestamente giulivo sembiante accettava. Dalle superne sfere, d'onde sì spesso m' appare la sua Immagine, Ella m' addita la promessa insoluta, ma non obliata.*

Dell'indiscreto ritardo chieggo all'indulgente Lettore quel perdono, che nell'animo avvinto alla Santa Memoria Sua, sento già disceso da Lei, Valutatrice dei deplorevoli eventi che ne furono causa.

Poichè, sebben fosse ancora nel lavoro, che, come in ultimo rifugio, trovassi un conforto alle angoscie, pure, nè la grave oppressione dell'animo, nè le cresciute cure per teneri ed orfani figli, mi permisero attendervi con lena indefessa.

E come se ciò non bastasse, nuovo e supremo lutto s'aggiunse nella perdita della Veneranda mia **Genitrice**, *e nuovissimo an-*

cora in quella della giovinetta **Ulderica**, *che alla Consorte mia, Sorella, e come Lei spenta, ridesta e ravviva, allo spettacolo della gentilizia strage, le mie paterne trepidazioni....*

Del tenue conforto che tento procurarmi improntando in queste pagine il nome di persone, che tanto care mi furono e delle quali m' è ora incancellabile la Memoria, chieggo pur venia al Lettore, il quale, per quanto alieno da lutti non suoi, vorrà pur sempre benignamente pensare, che se l'uomo ha una mente per gli studii, ha anche un cuore per gli affetti.

Pavia, 4 Marzo 1877.

E. Oehl.

INDICE
DELLE MATERIE CONTENUTE NELLA PARTE TERZA

CAPITOLO PRIMO.

Centro Cerebro Spinale.

I. Morfologia.

CAPITOLO SECONDO.

Nervi Cranio-Spinali.

CAPITOLO TERZO.

Sistema Gangliare o Trisplancnico.

CAPITOLO QUARTO.

Delle Sensazioni.

Senso dell' Udito.

I. Preliminari Fisio - morfologici.

II. Condizioni del Suono.

III. Azione acustica delle singole parti dell'orecchio.

IV. Sensazioni acustiche.

Senso della Visione.

I. Preliminari Fisio - morfologici.

II. Preliminari fisici.

III. Valutazione ottica dell'occhio.

CAPITOLO QUINTO.

Dei Movimenti.

INDICE DELLE FIGURE

CONTENUTE NELLA PARTE TERZA

MANUALE DI FISIOLOGIA

CAPITOLO PRIMO.

CENTRO CEREBRO-SPINALE.

I. **Morfologia.**

§ 1. *Cognizioni generali.*

Inerendo al § 8 I, sono azioni *animali* o *di relazione* quelle, per cui gli animali tengono coll' ambiente dei rapporti, non riscontrabili nei vegetali.

Risulta dallo stesso paragrafo, come la distinzione delle azioni fisiologiche in *semplici*, *complesse* e *sommarie* valga anche per le azioni animali.

Le semplici e complesse di queste azioni, siccome quelle che formano soggetto di fisiologia generale, noi le vedemmo nello studio che facemmo dei movimenti nervosi e muscolari al capitolo V I. Ci restano ora a studiare le sommarie azioni di *sensazione*, di *locomozione*, di *fonazione*, al cui disimpegno concorrono principalmente nervi, muscoli ed unitivi, che già conosciamo come tessuti, ma che ancora ignoriamo come sistemi ed apparati applicati allo svolgimento di queste azioni.

Riservando ai relativi capitoli la sommaria conoscenza degli apparati di locomozione e fonazione, ci occupiamo ora dei nervi, che sono sempre interessati, tanto nelle azioni di relazione, quanto nelle azioni vegetative dell' animale e che appunto soglionsi, a miglior scopo scolastico che scientifico, distinguere in nervi della *sfera animale* ed in nervi della sfera *vegetativa*, a norma che di prevalenza partecipano ad omonime azioni.

Per gli animali superiori, i nervi della sfera animale sono rappresentati dal sistema *cerebro-spinale*, dal sistema *gangliare* o *trisplancnico* invece quelli della sfera vegetativa.

Nel sistema cerebro-spinale si distingue una parte *centrale* da una parte *periferica*. La parte centrale, avvolta da membrane e ricettata dallo speco cranio-vertebrale, comprende la *massa encefalica*

ed il *midollo spinale*. La parte periferica comprende le *fibre nervose* od i *nervi* che emanano dalla parte centrale, in quanto essi non si considerino di spettanza del sistema gangliare.

Per uniformarci alla divisione adottata nelle Parti precedenti, trattiamo in questo capitolo del centro cerebro-spinale, rimettendo al capitolo successivo lo studio dei nervi che emanano da questo centro.

§ 2. *Meningi.*

La parte centrale del sistema cerebro-spinale, ricettata dalla cavità cranio-vertebrale, è avvolta dalle meningi *dura, sierosa* e *pia*.

La *dura meninge*, più grossa e meno elastica delle altre, formata da incrociate fibre unitivo-elastiche, sostituisce il periostio nel cranio; avvolge il midollo allungato e spinale, aderendo tenacemente alla fascia longitudinal posteriore della parete anteriore dello speco vertebrale, lassamente alle pareti posteriori-laterali per interposizione di unitivo con adipe e vasi. Scabra all' esterno della sua parte cranica per tenaci aderenze ossee, levigata e lucida all' interno per epitelio pavimentoso che la tappezza, oltre alle sue propagini terminali, che formano la coda equina nelle vertebre sacrali, manda nel suo decorso vertebrale da venti a trenta digitazioni, che s'immedesimano nella pia meninge lungo le linee laterali del midollo spinale, dando luogo al *legamento denticolato*. Formata da due lamine, delle quali la esterna o periostea più ricca di vasi proprii e di passaggio all' osso (dalle *meningee*), accompagna per vario tratto, o quanto meno, fino al suo incontrarsi e fondersi col periostio esterno, o al suo trasformarsi in nevrilema, i nervi ed i vasi, che, per fessure, fori e canali diversi entrano nella cavità cranio-vertebrale o ne escono; mentre la sua lamina interna, discostandosi dalla esterna, s' inflette nel cranio a formare le *falci* (*grande e piccola*) ed il *tentorio* colle sue *appendici clinoidee*. Queste duplicature limitano dei *seni* sanguiferi epiteliati, confluenti al tubercolo occipitale interno nel *Torcular Herophili* e riducibili: ai *seni trasversi*, che dopo avere comunicato per gli *emissarii* di *Santorini* con vene superficiali del cranio, mettono alle giugulari interne; ai *seni longitudinali superiore ed inferiore* della gran falce; al *seno retto* di passaggio dalla gran falce al tentorio; ai *seni cavernosi*, ai *petrosi superiori* ed *inferiori*, agli *occipitali anteriori* e *posteriore*, formato dalla piccola falce.

La *meninge sierosa* od *aracnoidea* è un'esile e trasparente membrana invascolare, di tessuto unitivo-elastico, rivestita esternamente da epitelio pavimentoso semplice, che si estende quanto la dura

meninge, cui aderisce lungo la linea mediana posteriore dello speco vertebrale, restandole soltanto a contatto nella sua restante estensione. Tesa fra circonvoluzioni ed eminenze cerebro-spinali, senza insinuarsi fra esse con la pia, aderisce a questa membrana per più o meno stipate briglie unitive, che lasciano luogo a comunicanti spazii sotto-aracnoidei. Il più grande di questi spazii è quello, che per lassa aderenza alla pia meninge si estende a tutto il midollo spinale, amplificandosi specialmente in corrispondenza della coda equina. Esso comunica con più ristretti spazii sotto-aracnoidei che trovansi fra il cervelletto e il midollo allungato, al ponte, alle gambe del cervello, alle fosse di Silvio, e pare che per forte aderenza dell'aracnoidea all'apice delle circonvoluzioni, non sia sempre libera la comunicazione (ammessa da Luschka, negata da altri) cogli spazii sotto-aracnoidei di queste ultime. Ciò desumo dalla circostanza, che non sono sempre riscontrabili degli squilibrii di pressione, aventi luogo nel liquido cefalo-spinale, che riempie gli spazii sotto-aracnoidei, mediante manometro introdotto in qualche spazio sotto-aracnoideo delle circonvoluzioni.

Che l'aracnoidea sia paragonabile ad una membrana sierosa, con aderente alla dura meninge il proprio foglietto parietale, è controverso oggidì ed ammesso invece che risulti da una lamina sola.

La *pia meninge* è anch'essa una membrana di tessuto unitivo più amorfo, che oltre all'avere dei vasi proprii, sostiene i venosi di uscita e gli arteriosi di entrata al cervello e al midollo spinale. Per opera di questi vasi aderisce con modica forza alle sottoposte masse nervose; s'insinua fra circonvoluzioni ed eminenze; penetra per la fessura trasversa nel terzo ventricolo per formarvi la *tela coroidea*, da cui emanano i *plessi coroidei* dei ventricoli laterali, comunicanti fra le gambe del cervello colla pia meninge basilare; s'insinua nei solchi longitudinali anteriore e posteriore del midollo spinale; si prolunga in esile guaina sulle radici dei nervi e formando colle altre meningi, con vasi e coll'ultimo pajo dei nervi spinali, il *filamento terminale*, finisce nel canale sacrale.

La fossa romboidea del midollo allungato è l'unica parte in cui non s'insinui la pia meninge, che vi è tesa dal *calamo scriptorio* al *nodulo*.

Quella parte di essa, che sotto forma di tela o di plesso coroideo è insinuata nei ventricoli cerebrali, porta un epitelio vibratile, il quale, sotto il nome di *ependima*, si prolunga a rivestire tutta la parte dei ventricoli sprovvista di pia, passando pel 5° e 4° ventricolo ad estendersi in tutto il canal centrale del midollo spinale.

Alle meningi del cervello e del midollo allungato derivano le ar-

terie esclusivamente dalla carotide interna e dalla vertebrale; dai rami spinali di quest'ultima (derivazione della succlavia) principalmente i vasi della parte superiore del midollo spinale. Dopo aver date nella cavità cranica le arterie meningee *anteriore, media* (dalle carotidi interne) e *posteriore* (dalle vertebrali), rilasciano i *rami cerebellari inferiori* e *superiori*, per poi riunirsi nella *basilare*, che al di là del nodo si decompone nelle due arterie *profonde* del cervello. Nella loro distribuzione al cervello le due carotidi interne si tengono in anastomosi colle vertebrali per mezzo delle *arterie comunicanti*, formando il *circolo arterioso* del Willis. Questa ampia anastomosi, che uniforma la distribuzione del sangue nella massa cerebrale, spiega come avvenga, quanto mi occorse di ripetutamente vedere nel cane, che cioè l'animale sopravviva alla contemporanea legatura bilaterale della carotide primitiva.

È rimarchevole come ambedue le paja di arterie al cervello descrivano da quattro a cinque curve prima di arrivarvi, scemando di tal guisa gli effetti di trasmissione al medesimo dell' impulso cardiaco.

Il sangue venoso del cervello, delle meningi cerebrali e in parte anche della diploe, si raccoglie dai diversi seni al foro giugulare, ove entra nella *giugulare interna*. Le *vene spinali* che pel foro occipitale stanno in comunicazione coi seni cerebrali, mettono, specialmente per la parte superiore del midollo spinale, nella *vena vertebrale* e per essa nella *vena anonima*.

I tronchi linfatici che passano con vene ed arterie i diversi fori cranio-vertebrali, si decompongono sulla pia meninge, dalla quale, al d'intorno del cervello e del midollo spinale, confluiscono in uno spazio linfatico, che si estende, secondo His, a circondare i vasi arteriosi, venosi e capillari della massa cefalo-spinale. Questi spazii linfatici non hanno pareti proprie, ma sembrano essere limitati da epitelio.

§ 3. *Midollo spinale.*

Il *midollo spinale* è un cordone nervoso, che, ricettato dallo speco vertebrale, s' ingrossa verso il foro occipitale, formandovi il midollo allungato, che lo riunisce al cervello; si assottiglia verso la opposta estremità, terminando a livello della prima o seconda vertebra lombare nello smussato *cono midollare*, da cui si prolunga nel *filamento terminale*. Non ingrossante progressivamente dai lombi all'occipite, presenta i rigonfiamenti dorsale e lombare, laddove emanano da

esso i nervi degli arti, assumendo del resto in genere una forma cilindroidea a minor diametro antero-posteriore.

Diviso in due metà laterali dai solchi *longitudinali* anteriore e posteriore, e ciascuna metà in tre parti dai solchi *laterali* anteriore e posteriore, ai quali corrispondono le omonime radici dei nervi spinali, viene ad essere come la risultanza dell'affasciamento di sei cordoni, due dei quali *anteriori*, due *laterali* e due *posteriori*.

Formato esternamente di sostanza bianca, il midollo spinale ha un nucleo di sostanza grigia (*nucleo* o *filamento centrale dell'ependima*) che dopo avere investito il *canale centrale*, si prolunga a guisa di)(in due *corna posteriori* più gracili e più lunghe dirigentisi verso il solco lateral posteriore e in due più brevi e grosse *corna anteriori*, dirigentisi verso il solco laterale anteriore. Nella porzione cervicale del midollo spinale, dal nucleo centrale di sostanza grigia si avanza fra le corna anteriori un più breve e grosso *corno mediano*, il quale però non arriva fino al solco longitudinale anteriore, ma è separato da esso per uno strato di sostanza bianca, che s'insinua del resto fra questo solco ed il nucleo centrale grigio per tutta la lunghezza del midollo spinale, formandone la così detta *commissura bianca*, che secondo Kölliker è l'unico mezzo di connessione delle due metà laterali di sostanza bianca del midollo, poichè i cordoni posteriori, a malgrado che il solco longitudinal posteriore non esista per l'uomo che nella porzione lombare e cervicale, si tengono fra loro tanto distinti per interposizione di vasi e di unitivo, da non esservi quasi contiguità di elementi spettanti ai due cordoni e molto meno, secondo lo stesso autore, un alterno passaggio di fibre nervose dall'uno all'altro. Il *canale centrale* (rimanenza del chiusosi solco dorsale dell'embrione) è rivestito da epitelio cilindrico, al disotto del quale esiste una sostanza gelatinosa, che pure riscontrasi alle estremità delle corna posteriori. La sostanza grigia che trovasi al davanti ed al di dietro del canale centrale forma le *commissure grigie anteriore* e *posteriore*.

Le due sostanze nervose, coi vasi sanguigni e linfatici che dalla pia meninge si avanzano nel midollo, hanno un sostegno di tessuto unitivo, i cui elementi fibrosi e nucleari non essendo fino ad ora distinguibili con certezza dagli omonimi elementi nervosi, lasciano già luogo, nella interpretazione della struttura del midollo, al dubbio fondamentale, se cioè sia piuttosto di natura unitiva che nervosa una data parte del medesimo e se fra i due tessuti sia il primo od il secondo quello che vi acquista una prevalenza, che dalle diverse scuole fu tributata piuttosto all'uno che all'altro e che in vista delle azioni nervose cui è chiamato il midollo, si dovrebbe a nostro avviso risolvere in favore del secondo.

Evitando dall'entrare a questo proposito in una lunga e poco utile disquisizione, crediamo più conveniente occuparci della disposizione e dei rapporti in cui stanno fra loro gli elementi nervosi del midollo, potendosi a questo proposito venire a delle illazioni che sono certe e ad altre, che sono rese assai probabili dal reperto anatomico e dalle azioni fisiologiche.

Possiamo riassumere queste illazioni nei seguenti enunciati:

1.° È certo che tutta la parte bianca del midollo consta di fibre nervose longitudinali, che a livello delle radici dei nervi spinali si incrociano colle loro fibre nervose decorrenti trasversalmente dalla loro entrata nel midollo alle corna di sostanza grigia in cui entrano. Tutte queste fibre si ritengono cementate da tessuto unitivo derivante dalla pia meninge, che incrociando le sue fibre nel fondo del solco longitudinale anteriore vi formerebbe una specie di verga rombica, dalla quale emanerebbero fibre unitive per la sostanza bianca ed altre, che decorrendo concentriche al nucleo centrale, si decomporrebbero a guisa di scheletro unitivo nella sostanza grigia, per quivi terminare in unitivo amorfo gelatinoso, con cavità unitive stellate e comunicanti fra loro.

2.° È certo che soltanto nella sostanza grigia, insieme a fibre nervose, esistono cellule nervose, riferibili alla categoria delle grandi, specialmente quelle che sono disposte a piccoli gruppi nella punta delle corna anteriori. Si accerta che non sieno di natura nervosa alcune piccole cellule polinucleate, che per mezzo di prolungamenti stanno in continuazione cogli elementi epitelici del canale centrale ed altre piccole cellule, che trovansi alla punta delle corna posteriori, laddove corrisponde la sostanza gelatinosa di Rolando. Senza escludere che vi sieno in via di svolgimento delle cellule nervose sostituenti e quindi apolari, tutte le cellule nervose del midollo e specialmente quelle delle corna anteriori sono multipolari con svariato numero di prolungamenti assai volte ramificanti.

3.° Si può considerare come certo, che fra i prolungamenti delle cellule nervose del midollo, gli uni diventano fibre nervose, che danno origine alle radici dei nervi spinali; gli altri si convertono pure in fibre nervose di trasmissione al cervello; gli altri tengono in comunicazione tanto le cellule nervose di un gruppo, quanto quelle dei gruppi vicini, quanto finalmente le cellule nervose delle corna di un lato e delle omonime corna dei due lati. Per questo contegno dei prolungamenti ne verrà, che la sostanza grigia del midollo, oltre alle cellule nervose, dovrà ricettare, nei prolungamenti di queste cellule, le origini o le terminazioni cellulari delle fibre nervose.

4.° In termini generali si può inoltre affermare: 1.° che le fibre nervose formanti le radici anteriori dei nervi spinali, mettono nelle grandi cellule nervose delle corna anteriori; 2.° che di quivi si continuano, entrando nei cordoni anteriori di sostanza bianca, al cervello, mediante emanazione dalle stesse cellule nervose di prolungamenti superiori, i quali inerentemente alla modalità dell' influenza cerebrale, che non desta mai l' azione volitiva di una sola, ma d'intieri gruppi di fibre muscolari, non si dovrebbero ritenere come formanti ciascuno una fibra nervosa, ma piuttosto come confluenti da un gruppo di cellule in una fibra nervosa al cervello; 3.° che le cellule nervose delle corna anteriori stanno in comunicazione fra di loro per delle fibre nervose formanti la commissura bianca. Alcuni negano la esistenza di questa commissura nervosa, che ritengono invece quale una semplice dipendenza del sostegno unitivo formato dalla pia nel fondo del solco longitudinale. Altri, come Kölliker, ammettono invece che questa commissura sia formata dall'incrociamento di fibre, che partendo dalle cellule nervose del corno anteriore destro andrebbero al cervello pei cordoni anterior-laterale di sinistra, e rispettivamente di altre che partendo dalle cellule nervose del corno anteriore sinistro andrebbero al cervello pei cordoni anterior-laterale di destra. Come però questo contegno, oltrecchè non riscontrato da altri osservatori, non darebbe una congrua spiegazione dell'irradiarsi che fanno all' altro lato i moti riflessi destati da un lato del corpo di un animale decapitato, e come, senza poter affermare che ciò avvenga per tutti i prolungamenti delle cellule delle corna anteriori diretti verso la linea mediana, sono però osservabili molti di essi che vengonsi reciprocamente all'incontro, così riteniamo, che senza escludere la possibilità della compartecipazione di altre fibre alla formazione della commissura bianca, sia dimostrato almeno, che risulta pure da fibre anastomotiche delle cellule nervose delle corna anteriori; 4.° che con gruppi di anastomizzantisi cellule nervose delle corna anteriori stanno in comunicazione le cellule nervose delle corna posteriori. A questo proposito l' anatomia non giunse che a dimostrare delle fibre, le quali, dalle cellule nervose delle corna anteriori si dirigono verso le corna posteriori. La entrata di queste fibre nelle cellule nervose delle corna posteriori e la loro derivazione da gruppi di comunicanti cellule delle corna anteriori sono una esigenza della fisiologia, che ne trae la spiegazione dei movimenti riflessi e della loro complicazione rispetto alla limitazione del punto sensoriamente eccitato.

5.° Che le fibre delle radici posteriori, se non tutte, entrano

in parte nelle cellule nervose delle corna posteriori, le quali sembrano essere in comunicazione fra loro per prolungamenti, che formano la commissura grigia posteriore. Queste stesse fibre delle radici posteriori ascendono al cervello pei cordoni posteriori-laterali, ma non è accertato se e quante di esse diventino fibre cerebrali senza passare per le cellule delle corna posteriori, se e quante di esse si decussino nella commissura posteriore, come vedemmo ammettersi da Kölliker per le fibre dei cordoni anteriori, negarsi invece per quelle dei cordoni posteriori.

6.° Che senza escludere la possibilità della esistenza di fibre longitudinali terminanti a due parti del midollo, è però incontrastabile che la massima parte di esse rappresentano una continuazione delle fibre delle radici anteriore e posteriore al cervello; continuazione che per la massima parte di esse è mediata attraverso le cellule nervose della sostanza grigia, e solo sembra essere immediata per alcune fibre delle radici posteriori.

§ 4. *Massa encefalica.*

Alla sua entrata nella cavità cranica pel gran foro occipitale, il midollo spinale rigonfiandosi alquanto per un tratto di qualche centimetro, finisce a continuarsi nel cervello e nel cervelletto. Divideremo quindi la nervosa massa encefalica contenuta nella cavità cranica in tre parti distinte, che sono il *cervello,* il *cervelletto* e il *midollo allungato.* In questa massa, la quale tuttochè presenti degli organi impari lungo la linea mediana, è però formata da due metà abbastanza simmetriche, più distinte al cervello che al cervelletto e quasi intieramente fuse fra loro al midollo allungato, sta per l'uomo il peso del cervello a quello del cervelletto come 8 : 1.

I due *emisferi cerebrali,* che veduti nell' uomo superiormente riempiono tutta quanta la volta cranica fino a nascondere intieramente il retro e sottoposto cervelletto, appoggiano inferiormente coi due terzi anteriori sulla base del cranio, col terzo posteriore sul cervelletto, il quale, in una depressione indotta dalla sua contiguità, circoscrive i due lobi posteriori di ciascun emisfero, mentre i due terzi anteriori sono divisi nei due lobi anteriore e mediano dalla *scissura del Silvio.* Di questa divisione non v'ha traccia superiormente, ove decorrono uniformemente le circonvoluzioni cerebrali, che non sono però quivi simmetriche, come non lo sono nelle parti laterali ed inferiori.

Osservando la superficie basilare della massa encefalica, vediamo i lobi posteriori degli emisferi cerebrali coperti dagli emisferi ce-

rebellari; decorrente nel solco di separazione di questi ultimi il midollo allungato, che mentre sta immerso per la metà circa del suo spessore superiore nella massa cerebellare, appoggia inferiormente sull'apofisi basilare dell'occipitale, procedendo in avanti fino a terminare apparentemente nel nodo del cervello. Dal quale avanzando si osservano alla superficie basilare degli emisferi:

I. Sulla linea mediana: 1.° La *lamina cribrosa posteriore* che dà passaggio a vasi sanguigni nell'angolo formato dalle gambe del cervello al nodo. 2.° Il *tuber cinereum*, che si prolunga nel cavo *infundibulo*, il quale alla sua volta si prolunga colla sua solida punta nella *ipofisi* o *ghiandola pituitaria*, che adagiata nella sella turgica all' esterno della dura madre e principalmente formata da unitivo, con follicoli chiusi, rappresenta un'ultima traccia della prospicenza che nell' intestino primitivo dell' embrione aveva la vescicola cerebrale. Il tuber cinereum forma una parte del pavimento del terzo ventricolo, la cui cavità si prolunga nell' infundibolo. 3.° Il *chiasma* o la *decussazione* dei nervi ottici, che si vedono convergervi dalla base delle gambe del cervello. 4.° La *lamina cribrosa anteriore*, che dà passaggio a vasi sanguigni e che trovasi fra il chiasma e il termine della fenditura che separa fra loro gli emisferi e che alla base del cervello non arriva a dividere che la massa dei lobi anteriori.

II. Lateralmente alla linea mediana: 1.° Le *gambe* o i *peduncoli* del cervello, che formati quasi intieramente di sostanza bianca, con poca grigio-nerastra nell'interno, veggonsi divergere dal nodo ed insinuarsi nello spessore degli emisferi cerebrali. Dei due principali fasci fibrosi che li formano il superiore prende il nome di *tegmento*. 2.° Le *eminenze mamillari* che stanno fra le gambe del cervello ai lati dell' infundibolo. 3.° I *tratti* coi *nervi olfattorii*, che veggonsi decorrere nel solco di una circonvoluzione longitudinale formante lo spigolo inferiore-interno dei lobi anteriori. Di lobi olfattorii, assai sviluppati negli animali, non si ha che una traccia nei bulbi olfattorii dell'uomo.

Sollevando il cervelletto si vede che anche i lobi posteriori sono come gli anteriori, divisi intieramente dalla fenditura che separa gli emisferi, e che alla superficie superiore del cervello si arresta a circa metà spessore di quel tratto che inferiormente corrisponde ai lobi mediani. Questo arresto è determinato dalla presenza di una commissura bianca dei due emisferi, o del *corpo calloso*, il quale, come rilevasi dalla sua sezione longitudinale, si estende a guisa di volta dalla ingrossata estremità posteriore all' anteriore, che inflettendosi all' in basso forma il *ginocchio*, terminante al tuber cinereum.

Il corpo calloso consta principalmente di fibre trasversali, che da una linea longitudinale mediana (il *raphe*) si dirigono nella sostanza degli emisferi. Incidendolo al limite di passaggio a questi ultimi si entra nella cavità mediana dei *ventricoli laterali* o *tricorni*, perchè risultanti da tre diverticoli o corna, delle quali l'anteriore dirige la sua concavità all'esterno, il posteriore all' interno, l' inferiore all'innanzi. Fra le prominenze parietali delle due ultime corna sono specialmente a ricordarsi: nel posteriore, il *minor piede d'ippocampo;* nell'inferiore, il *maggior piede d'ippocampo* o il *corno d'Ammone,* che arriva fino alla base del cervello in corrispondenza della lamina cribrosa anteriore. Nel corno anteriore vi hanno i *talami dei nervi olfattorii* o i *corpi striati,* la *tenia semicircolare,* i *talami dei nervi ottici.* L'anfrattuosa cavità dei ventricoli laterali è rivestita da sostanza bianca, dalla cui esterna superficie irradiano fibre agli emisferi. Questa sostanza forma ai ventricoli laterali una specie di parete, che manca laddove s' attiguano fra loro le corna anteriori ed i contenutivi talami ottici, fra i quali s'insinua soltanto la *volta,* o il *fornice,* o quella propagine laminare del corpo calloso, che discendendo verticalmente dalla sua linea longitudinale mediana si divide posteriormente nelle due *colonne posteriori,* che discendono al piede d'ippocampo, anteriormente nelle due *colonne anteriori,* che vanno alle eminenze mamillari, lasciando fra esse e i talami ottici il *foro di Monroe,* e comprendendo pure fra esse e il ginocchio del corpo calloso il *setto lucido,* che pur discende dal raphe e che limita il rispettivo ventricolo (5°), colla sua propagine posteriore, che forma il 6° ventricolo di Verga. Al disotto della parte mediana della volta, che dicemmo insinuarsi fra i talami ottici, decorre il *plesso coroideo mediano,* o quel prolungamento della pia, che venuto dalla tuberosità posteriore del corpo calloso, passato fra la volta e i talami ottici, entra pel foro di Monroe nei ventricoli laterali, per quivi decomporsi nei *plessi coroidei laterali,* i cui vasi discendendo nel corno inferiore, vanno pel gran piede d'ippocampo a tenersi in comunicazione con quelli della base. Levata la parte mediana del fornice e la tela coroidea mediana, si possono divaricare i due talami ottici e scoprire così tutta intiera la cavità del terzo ventricolo, limitata superiormente dalla tela coroidea, lateralmente dai talami ottici, anteriormente dalle colonne anteriori della volta, inferiormente dalla base del cervello, posteriormente dalle *eminenze quadrigemelle.* I talami ottici sono fra loro riuniti per una *commissura anteriore* e per una *commissura posteriore* bianche, alle quali può aggiungersi una commissura media grigia, che però non è costante. Dal terzo ventricolo si va all' infundibolo se si passa al

disotto della commissura anteriore: si entra invece per l'*aquedotto di Silvio* nel quarto ventricolo se si passa al disotto della commissura posteriore. Le eminenze quadrigemelle stanno quindi al disopra dell'aquedotto e fra le anteriori di esse e i talami ottici trovansi i *corpi genicolati* (esterno ed interno), comunicanti rispettivamente colle eminenze quadrigemelle posteriori ed anteriori per mezzo di strie di sostanza bianca, che formano i *peduncoli* delle eminenze quadrigemelle. Fra le anteriori di queste ultime propende la *ghiandola pineale* col suo *peduncolo;* essa è grigia in gran parte, ma per bianche strie comunica colla commissura posteriore ed altre ne manda, le quali per la interna superficie dei talami ottici si avanzano fino all'infundibolo.

Osservando la base del cervello, col cervelletto, col midollo allungato e col nodo, si vede quest'ultimo con un solco mediano per l'arteria basilare, formato da fibre superficiali trasverse, intersecate profondamente da altre, che derivanti dal midollo allungato passano il nodo per entrare nelle gambe del cervello. Vedesi pure il nodo diviso dal midollo allungato per un solco trasversale, che incrociasi col precedente, e del midollo allungato si vedono le colonne anteriori elevantisi in *eminenze piramidali* e decussantisi nel profondo del solco anteriore, che dal midollo spinale si prolunga fino al nodo. All'esterno delle eminenze piramidali sorgono le bianche (internamente grigie) *eminenze olivali* e all'esterno di queste ultime formano i margini laterali del midollo allungato i *corpi restiformi*, considerati generalmente come le colonne posteriori del midollo spinale, che giunte al principio del midollo allungato divergono fra loro per portarsi lateralmente. Da questa divergenza risulta un angolo, che è l' angolo posteriore della fossa romboidea o il *calamo scrittorio.*

Vedesi pure il *cervelletto* tenersi unito al nodo del cervello ed al midollo allungato rispettivamente pei *processi o peduncoli cerebellari al nodo* o *mediani* e per gli *inferiori*, che sono i prolungamenti dei corpi restiformi negli emisferi cerebellari. Questi ultimi hanno forma diversa a norma che si considerano inferiormente, ove appoggiano sul cranio, o superiormente, ove sono divisi pel tentorio dai lobi cerebrali posteriori. Inferiormente il *solco mediano* o la *valletta di Reil*, che ricetta la metà posteriore del midollo allungato, divide il cervelletto in due emisferi, ciascuno dei quali, per solchi più profondi di quelli che dividono le loro esili e quasi parallele circonvoluzioni, o per prominenze della loro sostanza, sono divisibili in un lobo *posterior-inferiore* o *marginale*, in un lobo *mediano* o *cuneiforme*, in un lobo *interno* o *tonsillare* che limita

lateralmente col suo omonimo la valle di Reil e in un lobulo *anteriore* o *fiocco,* che sta al davanti dei lobi tonsillari ed al disopra dei processi cerebellari al nodo. Nel profondo della valletta, un oblungo tratto di sostanza cerebellare, diviso longitudinalmente dai due collaterali lobi tonsillari e solcato trasversalmente, tiene uniti fra loro i due emisferi del cervelletto, formando il *verme inferiore*, che anteriormente, ove forma il *nodulo*, si prolunga nelle *valvole cerebellari posteriori del Tarini,* le quali si tengono in continuazione coi peduncoli derivanti dai lobuli anteriori o dai fiocchi.

Tagliando i peduncoli cerebellari inferiori e mediani, e rovesciando il nodo col midollo allungato, si mette allo scoperto l'estremo tratto anteriore della superficie inferiore del cervelletto, ove al disopra ed al davanti dei peduncoli cerebellari inferiori veggonsi emergere ed avanzare convergendo i *peduncoli cerebellari alle eminenze quadrigemelle* o *superiori.* Questi processi limitano lateralmente una laminetta di sostanza grigia, che anteriormente si continua nelle eminenze quadrigemelle posteriori, posteriormente nella parte anteriore del verme inferiore, e che forma la *valvola cerebellare anteriore.*

Divaricando i lobi tonsillari, vedesi che la valletta si approfonda lateralmente in due cavità ceche *o nidi,* posteriormente limitati dalla superficie anteriore di questi lobi, lungo il cui spigolo antero-inferiore aderiscono le valvole del Tarini nel loro passaggio ai peduncoli dei fiocchi.

Dal calamo scrittorio al di dietro, dalla convergenza dei processi cerebellari alle eminenze quadrigemelle al davanti, dalle sinuosità laterali della valletta, risulta la *fossa romboidea*, che forma il *pavimento del 4° ventricolo,* che presenta un fondo grigio, di continuazione della sostanza grigia centrale del midollo spinale ed un prolungamento del solco longitudinale posteriore. Il pavimento del 4.° ventricolo ha una *volta,* formata superiormente dal verme inferiore e dal suo prolungamento nella valvola cerebellare anteriore, lateralmente dai lobi tonsillari e contigue valvole del Tarini. Dall'angolo anteriore del 4.° ventricolo si passa per l'aquedotto di Silvio nel 3.° ventricolo. L'angolo posteriore, formato dalla divergenza delle colonne posteriori e dal verme, è occluso dalla pia, che sotto il nome di *tela coroidea inferiore* dalle tonsille e dal verme inferiore passa a guisa di ponte sul midollo allungato, emanando in questo passaggio i *plessi coroïdei del 4.° ventricolo,* che si estendono ai nidi ed ai peduncoli dei fiocchi.

Visto il cervelletto superiormente, presenta pure un solco mediano, che lo divide in due emisferi e nel quale trovasi il *verme superiore.* Ogni emisfero presenta quivi una indistinta divisione in due lobi e il

verme in tre, che sono dall'avanti all'indietro, il *lobulo centrale*, il *monticulo* e il *lobulo di commissura* dei due lobi cerebellari posteriori. Rovesciando alquanto il lobulo centrale si vedono ascendere i processi cerebellari alle eminenze quadrigemelle; si vede fra esse la superficie superiore della valvola anteriore non liscia come al disotto, ma percorsa da circonvoluzioni derivanti dal lobulo centrale e formanti su essa la *linguetta*. Le sostanze bianca e cinerea sono per modo commiste negli emisferi cerebellari e nei vermi da risultarne alla sezione una rassomiglianza coll'albero della vita, così detta dai botanici la sempre verde *Thuja occidentalis*.

Il *midollo allungato* non è solo organo di passaggio delle colonne spinali al cervello, ma rappresenta pure un centro di comunicazione con quest'ultimo organo e col midollo spinale. Epperò vi abbiamo: 1.° continuazione di sostanza bianca e grigia dal midollo spinale al cervello; 2.° esistenza di centri speciali, cui mettono fibre dal midollo spinale e dalle varie parti del cervello. Queste premesse anatomiche sarebbero in accordo colla natura delle rispettive azioni fisiologiche, poichè dagli organi al N. 1 si ripeterebbero i movimenti volontarii e le sensazioni percepite; mentre da quelli al N.° 2 si deriverebbe la spiegazione delle importanti azioni riflesse, che hanno il loro centro nel midollo allungato e della influenza, per esempio, volitiva, che il cervello può spiegare su queste azioni. Sapendosi che la sostanza bianca consta di fibre nervose ed aumentando questa nella massa encefalica in una proporzione molto superiore a quella che potrebbe derivare da una eventuale decomposizione delle fibre spinali nel cervello, non sarà più possibile ritenere la sostanza bianca di quest'ultimo come una efflorescenza della sostanza bianca spinale, ma si dovrà ammettere che nella massa encefalica, alle fibre derivatele dal midollo spinale si aggiungono delle proprie fibre cerebrali o cerebellari, originate da quelle masse di sostanza grigia, che raccolte specialmente, pel cervello, nei corpi striati, nei talami ottici, nelle eminenze quadrigemelle, prendono il nome di *ganglii cerebrali*, aventi pure il loro riscontro nel midollo allungato, per esempio, nel nucleo grigio delle eminenze olivali, che rappresentano una specie di embrionali emisferi cerebrali.

Se vale però in termini generali il principio: che tutte le parti del sistema cerebro-spinale contengono centri d'origine di fibre nervose, sono ancora assai controverse le opinioni relative alla provenienza ed alla distribuzione dei diversi gruppi di queste fibre. Noi tenteremo di riassumere in breve le più accreditate opinioni che si hanno in proposito.

Osservando attentamente il midollo allungato, si vede che la sua

periferia non è divisibile in 3 paja di parti, corrispondenti alle sei colonne spinali, ma è divisibile invece in 8 paja di cordoni, che considerati dall'avanti all' indietro sono:

1.° Le *eminenze piramidali*, che sono a considerarsi, secondo alcuni, come prolungamenti delle colonne anteriori; come nuova formazione insinuata fra queste colonne, secondo altri (Stilling).

2.° e 3.° Le *silique interne* ed *esterne* (così dette perchè formano una specie di guscio alle eminenze olivali comprese fra di esse) ritengonsi come il prodotto della scissione e del divaricamento delle colonne anteriori secondo gli uni; della parte anteriore delle colonne laterali secondo altri.

4.° Le *eminenze olivali* si considerano generalmente, pel nucleo grigio che contengono, come centri proprii del midollo allungato.

5.° I *cordoni laterali* formati da tutte o dalla parte posteriore delle colonne laterali a norma che queste si considerano escluse o partecipanti alla formazione delle silique.

6.° I *cordoni gracili* considerati da Burdach come nuova insinuazione fra le colonne posteriori divaricate.

7.° I *cordoni cuneati*, che alcuni ritengono continuazione di una parte delle colonne posteriori (Kölliker); altri vogliono, coi cordoni gracili, come provenienze cerebellari al midollo allungato (Stilling, Schröder v. d. Kolk).

8.° I *cordoni rotondi*, che rappresenterebbero la continuazione al cervello della sostanza grigia spinale.

Per quest' ultima è ad osservarsi, che al limite di passaggio dal midollo spinale all'allungato, le colonne posteriori, divaricando fra loro, si portano lateralmente e una parte di esse anche anteriormente, ove concorrono, secondo alcuni, a formare le eminenze piramidali. Per questa divergenza il canal centrale del midollo spinale si apre nel 4.° ventricolo e si scopre la sostanza grigia spinale, che sotto forma di cordoni rotondi si continua sul pavimento del 4.° ventricolo, disponendosi quivi in forma di *lamina* od *ala cinerea* per modo, che le corna anteriori corrispondano alla linea mediana, le posteriori alle linee laterali; d'onde spiegasi, come i nervi che traggono la loro origine da questa parte, si avanzino colle loro fibre fino alla linea mediana del pavimento, o si arrestino invece lateralmente, a seconda che sono motorii o sensitivi. La sostanza grigia passerebbe quindi pel nodo nel tegmento dei peduncoli cerebrali e si spingerebbe per l' infundibolo al tuber cinereum.

Le eminenze piramidali e le silique, quindi o tutte o certo una parte delle colonne anteriori, passano il nodo e vanno alle gambe del cervello, d'onde si disperdono negli anteriori ganglii cerebrali,

rappresentati dai corpi striati, dalla tenia semicircolare e dai talami ottici.

La minor parte dei cordoni laterali e gracili, la maggior parte dei cuneati, formando i corpi restiformi, passerebbero al cervelletto, di cui formano i peduncoli al midollo allungato.

Il residuo di questi ultimi cordoni passerebbe alle eminenze quadrigemelle e per disotto di esse al tegmento.

Si potrebbe quindi riassumere in termini generali: che le colonne anteriori vanno di preferenza pel nodo e pei peduncoli cerebrali ai ganglii anteriori; le colonne laterali e parte delle posteriori alle eminenze quadrigemelle; il resto delle posteriori al cervelletto.

Se non che però questo passaggio dal midollo allungato alle altre parti della massa encefalica sembra essere diretto soltanto per le colonne anteriori, mentre invece per le colonne laterali e posteriori sarebbe indiretto, vale a dire, intersecato da cellule nervose, che formerebbero i ganglii del midollo allungato. Secondo questo concetto, primamente introdotto nella scienza da Schröder van der Kolk, le colonne laterali terminerebbero al pavimento del 4° ventricolo in ganglii del midollo allungato, che starebbero alla lor volta in comunicazione con fibre cerebrali, principalmente derivanti dai corpi striati, dai talami ottici e dai peduncoli del cervello; come nella stessa guisa si comporterebbero le colonne posteriori, che in massima parte terminerebbero nel midollo allungato e in minima parte si prolungherebbero fino ai ganglii rappresentati dalle eminenze quadrigemelle, per di quivi prolungarsi nelle fibre degli emisferi cerebrali e tenersi quindi in comunicazione coi centri delle azioni psicologiche.

La terminazione delle colonne laterali nel midollo allungato sarebbe in accordo coi risultati delle sperienze di Schiff, che cioè le colonne laterali presiedono àlla innervazione dei muscoli del tronco, quasi tutti implicati nel meccanismo della respirazione, mentre le colonne anteriori presiederebbero alla innervazione dei muscoli degli arti. Per ciò i movimenti degli arti sono volontarii, o quanto meno, se si sottraggono alla volontà, si fanno per riflessione cerebrale e quindi cessano di aver luogo esportando il cervello; mentre invece i movimenti respiratorii, tuttochè influenzabili dalla volontà, si fanno indipendentemente da essa per riflessione nel midollo allungato, epperò hanno luogo anche in mancanza reale o virtuale del cervello congenitamente atrofico, sperimentalmente esportato o narcotizzato.

La terminazione delle colonne posteriori nel midollo allungato e nelle eminenze quadrigemelle implicherebbe il concetto, che la sen-

sazione potesse aver luogo in questi organi, dai quali verrebbe per altre fibre trasmessa ai centri psicologici.

Delle fibre longitudinali del midollo allungato possiamo dire adunque, in genere, che ve ne hanno di tre categorie: 1.° fibre che direttamente si prolungano dalle colonne anteriori ai ganglii cerebrali pei peduncoli cerebrali; 2.° fibre delle colonne laterali e posteriori che in genere si arrestano nel midollo allungato; 3.° fibre di derivazione dai ganglii cerebrali, comprese le eminenze quadrigemelle ed i peduncoli, che si arrestano nel midollo allungato. Vedremo più innanzi le fibre di connessione del midollo allungato col cervelletto.

Tra le fibre longitudinali del midollo allungato sono insinuati i seguenti principali ganglii:

1.° Le eminenze olivali, colle *olive succentoriate* o *corpi olivali inferiori*, che danno l'esempio macroscopico tipico di questa insinuazione gangliare tra le fibre delle silique. Le loro cellule nervose stanno in comunicazione bilaterale, formando la commissura delle olive e stanno pure in comunicazione colle cellule di origine del 7.° 11.° e 12.° pajo di nervi cerebrali.

2.° A livello delle origini del 7.° e del 9.° trovansi due altri ganglii, i quali, pei prolungamenti delle loro cellule nervose, formano un centro di comunicazione fra queste origini e quelle del 5.° Come pure, secondo Schröder v. d. Kolk, esiste un centro gangliare di comunicazione fra le cellule di origine del 10.° e le terminazioni cellulari delle colonne anteriori, le quali, secondo questo autore e secondo Schiff, essendo preferibilmente chiamate alla respirazione, sarebbero assai opportunamente in rapporto con un nervo così interessato alla respirazione come il 10.°

Oltre a fibre longitudinali e a ganglii insinuati fra esse, vi hanno nel midollo allungato delle fibre trasversali, riducibili specialmente alle seguenti:

1.° Fibre di origine del 5.°, 7.°, 8.°, 9.°, 10.°, 11.° dei nervi cranici. Come nelle apoplessie cerebrali avviene pei nervi del midollo allungato quanto avviene pei nervi spinali, che si abbia cioè la paralisi dal lato opposto, così devesi ammettere, che anche le fibre di questi nervi si decussino, e che la decussazione avvenga probabilmente come pei nervi spinali, vale a dire: sulla via dal ganglio d'origine al cervello pei nervi motori; sulla via invece dal ganglio d'origine alla periferia pei nervi sensitivi.

2.° Fibre anastomotiche dei varii gangli e specialmente delle olive. Queste fibre spiegano la bilateralità di alcune azioni, le quali, come la respirazione e la deglutizione, hanno il loro centro regolatore nel midollo allungato.

3.° Fibre dei corpi restiformi, i quali, mentre secondo alcuni rappresenterebbero in gran parte l'andata al cervelletto delle colonne posteriori, sarebbero, secondo altri, provenienze cerebellari, che formerebbero, principalmente in un sistema di fibre trasversali passanti pel midollo allungato, una commissura fra le due metà del cervelletto.

Quanto al cervello e al cervelletto, l'andamento delle loro fibre e i rapporti che esse tengono colle cellule della sostanza grigia è ancor meno conosciuto, di quello il sia pel midollo allungato e spinale.

Prescindendo a questo proposito dalle fibre dei nervi motori e sensitivi di origine cerebrale, le altre fibre che formano la sostanza bianca del cervello e del cervelletto si possono distinguere in due gruppi: al primo dei quali spettano fibre longitudinali che, o rappresentano i prolungamenti mediati od immediati delle colonne spinali, ovvero le emanazioni del cervello e del cervelletto al midollo allungatò; al secondo spettano fibre trasversali di commissura.

Nel cervelletto le fibre longitudinali sono specialmente rappresentate: 1.° dai corpi restiformi, che divergono nella sostanza bianca degli emisferi cerebellari; 2.° dalle fibre longitudinali del verme inferiore, che si prolungano nella valvola anteriore; 3.° dalle fibre che compongono i processi del cervelletto al nodo, fibre che passano al disotto di quelle che transitano dal midollo allungato alle gambe del cervello; 4.° dalle fibre che formano i processi del cervelletto alle eminenze quadrigemelle, e che passando invece al disopra di quelle transitanti pel nodo alle gambe del cervello, formano colle precedenti una specie di anello al fascio fibroso di comunicazione fra quest'ultimo organo e il midollo allungato. Alcuni considerano le fibre ai numeri 3 e 4 come prolungamenti dei peduncoli cerebellari.

Prescindendo da fibre trasversali, che dalle eminenze quadrigemelle di un lato, passando pel nodo del cervello appena al disotto della sostanza grigia che riveste il pavimento del 4.° ventricolo, vanno alle eminenze quadrigemelle del lato opposto e che alcuni considerano come prolungamenti dei processi cerebellari al nodo, si hanno pel cervelletto fibre trasversali nei diversi lobi che vedemmo entrare alla composizione dei vermi.

Oltre a fascetti speciali *(arcuati, uncinati, longitudinali inferiori)* di fibre longitudinali, decorrono in questa direzione nel cervello le fibre derivanti dal midollo allungato, che vedemmo principalmente raccolte nelle colonne anteriori e che passate pel nodo nelle gambe del cervello, divergono con esse, lasciando fra loro il 3.° ven-

tricolo e disperdendosi nei ganglii cerebrali anteriori, d'onde poi irradiano divergendo nella sostanza bianca centrale degli emisferi cerebrali, portandosi verso la periferia dei medesimi. Volendo considerare i fasci fibrosi di provenienza dai peduncoli cerebrali come l'ultima terminazione delle colonne spinali anteriori, divergono esse al punto da non lasciare più traccia di sostanza bianca al pavimento del 3.° ventricolo, ma soltanto della sostanza grigia, che rappresenta al tuber cinereum l'ultima terminazione della sostanza grigia spinale, d'onde prendono forse quivi origine nei corpi mamillari, nuovi fasci fibrosi, che si elevano nelle colonne della volta, ripiegandosi poi a formare la volta e a discendere, sotto il nome di *fimbria*, nel corno inferiore dei ventricoli laterali.

Fra le numerose commissure cerebrali, la principale è il corpo calloso, le cui fibre si dirigono trasversalmente dal rafe nella sostanza bianca degli emisferi, incrociandosi con quelle che vanno ai medesimi dai ganglii cerebrali.

La sostanza grigia del cervelletto è raccolta scarsamente alla volta del 4.° ventricolo; poi nel centro degli emisferi cerebellari, ove, sotto forma di lamina grigio-rossastra dà luogo al *nucleo dentato*, abbondante di cellule nervose pigmentate in giallo; poi finalmente alla superficie delle circonvoluzioni cerebellari. Quivi risulta da uno strato interno rugginoso, ricco di fibre nervose con nuclei liberi, e da uno strato esterno grigio. Le fibre che dalla sostanza bianca arrivano nello strato rugginoso, si atteggiano quivi a fascetti plessiformi, nelle cui maglie stanno dei nuclei nucleolati, ed arrivano quindi assottigliate nello strato grigio, distinguibile in una zona più interna, ricca di fibre e di grandi cellule nervose, e in una zona esterna formata da una sostanza finamente granulosa, che alcuni giudicano di natura unitiva e che contiene piccole cellule nervose e prolungamenti delle grandi cellule dello strato sottoposto.

Pel cervello propriamente detto, la sostanza grigia è raccolta principalmente nei ganglii cerebrali (corpi striati, talami ottici, eminenze quadrigemelle) nella commissura grigia, nella ghiandola pineale, nel tuber cinereum, nella sostanza corticale delle circonvoluzioni cerebrali e nel tegmento dei peduncoli, ove, per la forte pigmentazione delle cellule nervose che la compongono, assume un aspetto nerastro. V' ha però ancora sostanza grigia ai lati del rafe del corpo calloso, nei piedi d' ippocampo, al pavimento del 3.° ventricolo, nel tratto di origine del nervo olfattorio. La sostanza grigia di tutte queste parti è uniformemente caratterizzata dalla prevalenza delle cellule nervose.

La sostanza corticale delle circonvoluzioni cerebrali (a cui so-

miglia quella dei piedi d'ippocampo) può essere distinta in tre strati, di cui l'esterno grigio-chiaro, il medio grigio-scuro, l'interno giallo-rossastro. In tutti questi strati esistono cellule e fibre nervose, con sostanza granulosa, che alcuni giudicano di natura unitiva come quella del cervelletto, altri invece ritengono di natura nervosa, benchè nessuno neghi la concorrenza dell'unitivo alla formazione del tramite di sostegno dei centri nervosi. Non è pure accertata la natura di corpi nucleari non dissimili da quelli della retina, che si trovano immersi nella sostanza granulosa e che alcuni ritengono equiparabili ai corpi dell'unitivo, mentre altri li vogliono di natura nervosa, per la opinata loro interposizione sul decorso di fibre nervose. Quanto alle vere cellule nervose della sostanza corticale (di cui le maggiori sono osservabili in quella del cervelletto) sono in genere multipolari, e i loro rameggianti prolungamenti tengono tanto in alterna comunicazione specialmente quelle cellule che sono raccolte in gruppi distinti, quanto si continuano nelle pur rameggianti fibre nervose derivanti dalla sostanza bianca degli emisferi.

La distinzione che abbiamo fatta della massa encefalica in cervello propriamente detto, cervelletto e midollo allungato, risulta per sè stessa dalla semplice ispezione di questa massa, che in base allo sviluppo embriologico fu anche distinta in *prosencefalo*, *mesencefalo* e *opisencefalo* a norma della sua derivazione dalla vescicola cerebrale anteriore, media o posteriore (§ 133 II).

Questa più scientifica divisione sarebbe certamente preferibile, se avesse un valore assoluto e non relativo alla diversa estensione che si diede alle indicate derivazioni. Al mesencefalo, per esempio, quale derivante dalla vescicola cerebrale media, non si dovrebbe riferire, secondo le più accreditate indicazioni embriologiche, che una piccola parte del cervello, rappresentata dalle eminenze quadrigemelle e dai peduncoli cerebrali, mentre invece alcuni lo estendono a tutto ciò che non è emisfero cerebrale o cervelletto, ed altri, come Longet, lo limitano al nodo del cervello, che avrebbe invece la sua derivazione dalla vescicola posteriore.

II. **Azione Fisiologica**.

§ 5. *Trasmissione della eccitazione nel midollo spinale.*

Per uno studio fisiologico del midollo spinale, dobbiamo richiamare alcune norme fondamentali sulla insorgenza e sulla trasmissione della eccitazione nervosa.

Uno stato di eccitazione, la quale per essere primitiva od indipendente dall'azione di stimoli apparenti potrebbe dirsi *automatica*,

non può aver luogo che nelle cellule nervose. Quello stato di eccitazione che si manifesta nella volontà, insorge primitivamente nelle cellule nervose cerebrali, si trasmette per prolungamenti anastomotici a cellule nervose motorie, le quali alla lor volta trasmettendo l'eccitazione alle fibre motrici che ne derivano, danno luogo al movimento volontario.

Le cellule nervose non sono soltanto capaci di una eccitazione primitiva, ma lo sono anche di ricevere e ritenere o trasmettere una eccitazione venuta da altre parti. Le cellule nervose dei centri senzienti ricevono la eccitazione trasmessa dalle fibre sensitive eccitate dagli stimoli e possono tanto ritenere questa eccitazione, quanto, per fibre anastomotiche possono trasmetterla, o alle cellule nervose dei centri psichici, ovvero invece a cellule nervose motrici, dando luogo a movimenti riflessi.

Nelle cellule nervose adunque la eccitazione o insorge o arriva o si riflette, mentre invece si trasmette nelle fibre nervose.

Dovunque trovansi fibre nervose, quivi dovrà quindi aver luogo trasmissione di eccitazione; insorgenza, arrivo o riflessione di eccitazione laddove trovansi cellule nervose.

Non occupandoci ora di sapere se nel midollo spinale esistano cellule nervose capaci di una eccitazione primitiva, e partendo soltanto dalla cognizione, che alla composizione di quest'organo entrano cellule e fibre nervose, potremo già desumerne, trattarsi quivi di trasmissione, di arrivo e di riflessione della eccitazione.

Le fibre nervose sono sensitive o motrici, a seconda che gli effetti della eccitazione che trasmettono, si destano in arrivo alla cellula di origine centrale della fibra in una *sensazione* (che può essere non percetta); ovvero in partenza dalla cellula di origine per un territorio (muscolare) di sua periferica distribuzione in un *movimento.* Nel primo caso la direzione della eccitazione e quindi anche la fibra è *centripeta;* nel secondo è *centrifuga,* senza che sia esclusa la proprietà di conduzione bilaterale della eccitazione per parte di fibre nervose eccitate sul loro decorso (§ 27. I).

La eccitazione decorre isolata nella fibra nervosa e non può trasversalmente diffondersi a fibre vicine, se non per l' intermezzo di cellule nervose. La eccitazione adunque di una fibra sensitiva si trasmette isolatamente alla sua cellula d'origine, dalla quale soltanto può, per prolungamenti anastomotici, trasmettersi ad una cellula motrice e venirne il moto così detto riflesso, ovvero sia la manifestazione degli effetti della eccitazione nel territorio muscolare di periferica distribuzione della fibra motrice eccitata alla sua cellula d'origine. Nel moto volontario la cellula motrice non è eccitata da

fibre derivanti da centri sensitivi, sibbene da fibre derivanti da centri volitivi.

Ammesso che le azioni volitive si svolgano di prevalenza nel cervello ed avendo luogo negli animali: 1.° fenomeni di sensazione percetta (per es. tattile delle estremità posteriori) che mancano recidendo trasversalmente il midollo spinale al disopra dell' origine dei nervi corrispondenti; 2.° fenomeni di movimento volontario, che pur mancano in seguito alla stessa recisione; 3.° fenomeni di movimenti riflessi persistenti in seguito alla decapitazione; dovremo conchiuderne: 1.° che nel midollo spinale passano le fibre sensitive, che dalle diverse parti del corpo vanno al cervello; 2.° che vi passano pure le fibre motrici, che dal cervello, ove possono essere eccitate dal centro volitivo, vanno ai diversi muscoli volontarii del corpo; 3.° che nel midollo spinale vi ha un centro di riflessione, rappresentato da anastomizzantisi cellule sensitive e motrici, le quali o potrebbero interrompere il decorso delle anzidette fibre cerebrali, ovvero potrebbero essere l'origine di uno speciale sistema di fibre riflessorie.

Queste conclusioni però non ci apprendono ancora: in quali parti del midollo spinale decorrano le fibre sensitive; in quali altre le motrici; dove risiedano le omonime cellule che danno luogo al centro di riflessione.

In mancanza di caratteri distintivi delle fibre e delle cellule sensitive e motrici, dobbiamo, per la soluzione di questi altri problemi, affidarci intieramente ai risultati della sperimentazione fisiologica.

Col mezzo di questa, Carlo Bell cominciò pel primo a dimostrare: che le fibre motrici vengono dal cervello ed escono dal midollo spinale esclusivamente per le radici anteriori dei nervi spinali: che le fibre sensitive entrano nel midollo spinale e vanno al cervello esclusivamente per le radici posteriori. Aprendo infatti in un animale lo speco vertebrale, scoprendo il midollo e recidendo da un lato 1.° le radici anteriori, dall'altro lato 2.° le posteriori dei nervi che mettono alle estremità pelviche, ottenne dal lato 1.° abolizione di moto e permanenza di senso, dal lato 2.° abolizione di senso e permanenza di moto. E a complemento di dimostrazione si ottiene: dal lato 1.°, movimento dell'arto se si eccita il moncone periferico della radice recisa, nessun effetto se si eccita il moncone centrale; dal lato 2.°, manifestazione di dolore se si eccita il moncone centrale, nessun effetto se si eccita il moncone periferico.

Accertatosi da Bell e confermatosi da altri, che le fibre dei nervi spinali al e dal cervello passano rispettivamente per le radici po-

steriori ed anteriori, stava a vedersi, quale via nel midollo spinale tenessero, per arrivare dalla radice spinale al cervello o dal cervello alla radice spinale. Manca a questo proposito quel grado di certezza che si ha rispetto alla natura delle radici spinali. Antiche sperienze di Magendie, di Fodera, di Bellingeri, di Rolando, con più recenti di Van Deen, Stilling e Longet, converrebbero in genere nell' indicare: come conduttrici al cervello delle fibre sensitive delle radici posteriori le colonne posteriori, come conduttrici delle fibre motrici dal cervello alle radici anteriori le colonne anteriori del midollo spinale. Abolizione di senso o di moto in seguito a recisione di cordoni posteriori od anteriori, eccitazione di senso o di moto in seguito a stimolazione dei monconi centrali dei primi o periferici dei secondi, mancanza di effetti in seguito a stimolazione degli opposti monconi periferici dei primi o centrali dei secondi, sono le sperienze cardinali di questo generico enunciato, a cui vennero principalmente Van Deen col metodo sperimentale della recisione nelle rane e Longet con quello della eccitazione nei mammiferi. Il primo di essi in successive sperienze trovava però necessaria alla trasmissione motoria o sensitiva delle colonne anteriori o posteriori la corrispondente porzione anteriore o posteriore di sostanza grigia, mentre il secondo trovava senso e moto ineccitabili da questa sostanza.

Prescindendo dalle incertezze che possono insorgere, tanto per ciò che riguarda la giusta limitazione nella recisione delle colonne, quanto per ciò che spetta alla interpretazione dei fenomeni risultanti da una operazione così grave, come quella dell' aprimento dello speco e della recisione del midollo, questo generico enunciato ricevette un primo colpo dallo stesso Van Deen e da Stilling, i quali trovarono, quanto fu confermato da altri: che tagliando le colonne anteriori o posteriori a tal distanza dalle radici, da togliersi il dubbio che nella superficie di sezione decorrano delle loro fibre, non si ottengono effetti di motilità o di sensibilità colla eccitazione del moncone periferico delle prime o del moncone centrale delle seconde. Questo fatto fece riguardare ogni fenomeno di senso o di moto risultante dalla eccitazione delle colonne spinali, come effetto di trasmissione della eccitazione alle fibre delle radici, dalle quali non potrebbe farsi la trasmissione lungo le fibre delle colonne, senza intervento della sostanza grigia.

Stilling riassunse come segue la modalità di questo intervento:

1.° La sostanza grigia posteriore è sensibile per sè stessa; le colonne posteriori invece non lo sono, se non in quanto sieno riunite alla sostanza grigia posteriore.

2.° Sostanza grigia anteriore e colonne anteriori sono insensibili. Alle fibre delle radici anteriori l'eccitazione motoria volitiva o riflessa non può derivare che dalla sostanza grigia anteriore.

3.° Ne segue, che malgrado la recisione delle colonne posteriori, permane la sensibilità al disotto di essa ogni volta che un piccolo tratto di sostanza grigia posteriore s' interponga fra i due monconi, come permane la motilità volontaria, malgrado la recisione delle colonne anteriori, ogni volta che un piccolo tratto di sostanza grigia anteriore riunisca la metà anteriore alla posteriore del midollo.

4.° La trasmissione della eccitazione nei cordoni non si farebbe nel senso della loro lunghezza, ma in quello del loro spessore, per modo, che nelle colonne posteriori la eccitazione passerebbe per le radici posteriori alla sostanza grigia posteriore, nelle colonne anteriori per la sostanza grigia anteriore alle radici anteriori.

Questa dottrina di Stilling (nella quale si attribuisce stranamente una conduzione trasversa alle fibre longitudinali del midollo) presenta varii punti di analogia colle ultime analoghe risultanze, che nello studio della conduzione del midollo si ebbero da Brown Séquard e da Schiff.

Questi autori, che pur videro insorgere non dubbii segni di dolore eccitando le colonne posteriori, ne attribuiscono gli effetti alla diffusione alle fibre delle radici posteriori, e partono dalla osservazione fondamentale, pur fatta da Van Deen e Stilling, che recidendo cioè la colonna posteriore al disopra della emanazione dei nervi agli arti pelvici si determina la iperestesìa dell'arto corrispondente, per negare alle colonne posteriori ogni conduzione della sensibilità, secondo Brown Séquard, e per conceder loro soltanto la conduzione della sensibilità tattile secondo Schiff. Che la recisione della colonna posteriore sia stata completa se ne accertano essi, tagliando la circostante sostanza grigia ed estendendo anche il taglio fino a tutta la metà posteriore del midollo, mentre d' altra parte recidendo tutto il midollo e lasciando intatte soltanto le colonne posteriori andrebbe abolita ogni sensibilità, secondo B. Séquard, e resterebbe la sensibilità tattile, secondo Schiff, entrando gli arti pelvici in quello stato di *analgesia,* pel quale, mentre l'animale, muovendo le orecchie e le palpebre dà segno di sensibilità tattile al minimo tocco degli arti o dei denudati ischiatici, non manifesta invece coi movimenti, colle grida, coi tentativi di fuga, di sentire le punture, le scottature, le schiacciature, che invece sotto la recisione delle colonne posteriori manifesta di sentire esageratamente, anche se deboli. Per tali risultati opinasi da B. Séquard, che ogni genere di sensibilità venga trasmesso soltanto dalla sostanza grigia, mentre Schiff

attribuisce alle colonne posteriori la conduzione isolata della sensibilità tattile ed a tutta la massa della sostanza grigia la trasmissione della sensibilità generale, che esaltandosi diventa addolorabilità. Diciamo tutta la massa, poichè a differenza di B. Séquard, che vuole trasmessa la sensibilità soltanto dalla porzione posteriore della sostanza grigia, Schiff invece ritiene, che, purchè il moncone superiore del midollo aderisca all' inferiore per un esile tratto di questa sostanza, sia poi dessa posteriore, centrale od anteriore, la trasmissione ha luogo, mentre essa stessa, che è tanto capace di trasmettere la sensibilità, non sarebbe, contrariamente a Stilling, sensibile ad una stimolazione diretta, secondo Schiff, che l' ha per questo chiamata sostanza *estesodica*. Questa sostanza mancherebbe della proprietà, che hanno gli altri conduttori nervosi, di essere eccitata dagli stimoli esterni; non potrebbe esserlo che dai naturali conduttori nervosi e per la sua struttura, equiparabile ad una rete di cellule capaci di trasmettere in ogni direzione e quindi anche nella direzione del cervello, si spiegherebbe come per un esile suo istmo possa avvenire la trasmissione della sensibilità generale da qualsiasi punto del corpo sottoposto alla recisione.

Le numerose differenze di opinione, che al riguardo della conduzione della sensibilità nel midollo passano fra i diversi autori, differenze delle quali possiamo farci un' idea da quanto dicemmo fin' ora, devono renderci guardinghi dall' accettare in proposito alcuna dottrina, senza prima pensare alle gravi difficoltà delle sperienze e delle relative interpretazioni. Al primo riguardo abbiamo i dubbii che nascono circa la limitazione della lesione apportata ad una parte o a tutta la sostanza bianca o grigia; al secondo riguardo abbiamo uno stato di eccitazione generale convulsiva, che insorge negli animali ad ogni operazione sul midollo, e che deve rendere difficile la interpretazione della natura dei movimenti, specialmente se trattisi di doverli piuttosto riferire ad una sensibilità tattile, che ad una sensibilità generale poco eccitata o poco eccitabile. Rispetto poi a quest' ultimo punto, del distinguere, cioè, due diverse vie di conduzione delle due diverse maniere di sensibilità, dobbiamo osservare due cose. La prima, che questa dottrina esige, quanto fino ad ora ritiensi almeno per inverosimile, che cioè le fibre tattili sieno diverse delle fibre conduttrici della sensibilità generale. La seconda, che una trasmissione al cervello di questa sensibilità diffusa nelle reticolate cellule di ogni sezione del midollo, toglierebbe la localizzabilità del dolore, poichè non vi sarebbero vie isolate di trasmissione dai punti lesi al cervello, e nelle cellule reticolate della sostanza grigia si diffonderebbero e da esse verrebbero

trasmessi al cervello, per un ristretto istmo di questa sostanza, tutti quanti i dolori emergenti dalla lesione dei diversi punti del corpo.

Quanto alla eccitazione motoria, la maggior parte degli osservatori convengono nell' ammettere, che essa sia condotta dalle colonne anteriori, nelle quali potrebbe pur venire destata. Schiff invece opina, che sia pur conduttrice della motilità la sostanza grigia e che tanto essa quanto le colonne anteriori sieno per sè stesse ineccitabili al moto (*chinesodiche*), il quale, ove si desti colla stimolazione delle colonne anteriori, dipenderebbe dalla trasmissione alle fibre delle corrispondenti radici.

§ 6. *Trasmissione crociata nel midollo spinale.*

Volendo ammettere quanto pel già detto non si potrebbe, almeno in un modo esclusivo impugnare, che della motilità e della sensibilità sieno rispettivamente conduttrici le colonne anteriori e posteriori, resta a sapersi, se le eccitazioni trasmesse dalle colonne destre del midollo stieno in rapporto colle parti destre del cervello, ovvero invece colle parti sinistre e se rispettivamente alle parti sinistre o destre del cervello si riferiscano le eccitazioni trasmesse dalle colonne sinistre. Resta in una parola a sapersi, se la trasmissione dalla estrema parte del midollo al cervello sia diretta o crociata e dove avvenga un eventuale incrociamento.

Se fosse accertato che vi ha decussazione di fibre nelle commissure, si potrebbe ritenere che la conduzione è crociata, se non per tutte le fibre, almeno per quelle che si decussano e che la decussazione avviene in molta vicinanza alle fibre delle radici. Il sussidio che può apportare la fisiologia in questo problema è quello di ripetere le recisioni unilaterali a diverse altezze del midollo e del cervello, per vedere da qual lato insorgano le corrispondenti lesioni funzionali. Supposto che una recisione destra del midollo alla regione dorsale determini paralisi di moto all' arto pelvico destro e di senso al sinistro, dovremo indurne: che senza escludere la possibilità di una decussazione delle fibre motrici al disopra della recisione, pure queste fibre non si decussano al disotto di essa, mentre invece si decussano le fibre sensitive.

Cominciando da Fodera, che instituì pel primo la sezione laterale del midollo spinale e venendo fino alle ultime sperienze di Brown Séquard, di Schiff, di Bézold e di V. Kempen, sono disparate è vero le risultanze, ma in genere cospiranti ad ammettere: che in seguito alla recisione unilaterale del midollo al disopra dell' origine dei nervi agli arti pelvici, ha luogo paralisi di moto dal lato della

recisione, paralisi di senso dal lato opposto. Per quanto spetta al moto, Kölliker avrebbe osservata una incompleta paralisi bilaterale di esso; ciò che sarebbe in accordo colla sua opinione, che cioè le fibre motrici si decussino in parte nella commisura bianca, in parte nelle eminenze piramidali.

Brown Séquard, che come vedemmo più addietro trovò l'iperestesia dal lato della sezione, riscontrò pure la paresi ed anche la paralisi di senso dal lato opposto, e la stessa paralisi bilaterale, quando alla recisione unilaterale dorsale, aggiungeva la recisione dell'altro lato all'altezza della nuca, il che significherebbe, quanto egli appunto afferma, che prima di quest'ultima regione non ha luogo decussazione di fibre sensorie, le quali si decusserebbero tutte nel midollo spinale in vicinanza all'origine delle radici. La paralisi alquanto incompleta di moto osservata da B. Séquard dal lato della sezione dorsale, lo induce a ritenere, che scarse fibre motrici si decussino nel midollo spinale, mentre la massima parte di esse si decusserebbe nel midollo allungato e non al di là di esso verso il cervello. Risultanze poco dissimili si ebbero dalle ultime sperienze fatte da Bézold e V. Kempen, mentre invece dissentono quelle di Schiff, che sperimentò sul principio della doppia sensibilità generale e tattile, e della conducibilità motoria e sensitiva della sostanza grigia. Egli trovò abolito il senso tattile dal lato corrispondente a quello della recisione delle colonne posteriori, le cui fibre dovrebbero quindi decussarsi superiormente; recidendo la metà del midollo trovò l'iperestesia dal lato della recisione, mentre dal lato opposto non si giunse alla completa anestesia, se non quando ebbe recisa quasi tutta la sostanza grigia anche da questo lato, fino a non restarne quivi che un piccolissimo tratto. Ciò significherebbe, quanto vedemmo dirsi dagli altri, che il conduttore della sensibilità (che secondo Schiff è la sostanza estesodica) subisce un incrociamento nel midollo; o quanto meno, secondo il suo concetto, che le cellule conduttrici della sostanza estesodica di destra invaderebbero estesamente fino ad un'ultima esile zona il campo di sinistra e viceversa. Se si eccettui la paralisi dei nervi respiratorii dal lato della sezione, Schiff non ebbe mai a trovare da alcun lato una vera paralisi di moto in seguito alla recisione di una metà del midollo, attesa la conducibilità motoria della sostanza chinesodica, mentre invece in seguito alla lesione o sezione di tutta la sostanza grigia e di una colonna anteriore ottenne la paralisi del lato corrispondente.

Il generico enunciato, che nelle sezioni laterali del midollo vi ha paralisi di moto dal lato della sezione, di senso dal lato opposto; che quindi le fibre motrici si decussano prevalentemente verso

il midollo allungato, le sensitive invece prevalentemente nel midollo spinale, non è essenzialmente intaccato da queste discrepanze, le quali sono in parte il frutto della predilezione che si mette alle proprie dottrine, in parte sono inerenti tanto alla difficoltà dell'esperienza, quanto specialmente alla interpretazione della natura riflessa o volontaria dei movimenti che possono aversi dal lato della recisione. Si comprende infatti, come la persistenza di movimenti riflessi da questo lato non potrebbe invalidare quella parte dell'enunciato, che riguarda la conduzione motoria del midollo. La natura volontaria del movimento si desume ora da una tale sua forma e complicazione, per cui lo si debba considerare come risultante dallo sviluppo di azioni psichiche, le quali si ritengono generalmente di origine cerebrale e di tal modo si potrebbe giudicare, per esempio, volontario il movimento di estensione degli arti posteriori di un coniglio che si atteggia alla fuga. Ma vi sono da una parte dei movimenti riflessi spinali talmente conformati da potersi equiparare ai volontarii; questi movimenti sono specialmente rilevabili nelle rane, che tentano la fuga benchè decapitate. E vi sono d'altra parte movimenti tanto languidamente volontarii, da non potersi distinguere dai riflessi.

Mentre l'anatomia e la fisiologia tentano fissare i punti, nei quali avvengono le decussazioni, la patologia dimostra l'assunto generico: che nel loro decorso dal cervello alle radici dei nervi spinali, le fibre sensitive e motrici devono subire un incrociamento, poichè le apoplessie ed altre alterazioni delle diverse parti del cervello, quali, principalmente i corpi striati e i talami dei nervi ottici, sono sempre accompagnate da paralisi di moto e di senso dal lato opposto a quello della lesione cerebrale. Il lato destro del cervello innerva adunque le fibre spinali del lato sinistro e viceversa. In un punto quindi del loro decorso fra il cervello e le radici spinali queste fibre devono passare la linea mediana del corpo, avvenga poi questo passaggio o nello stesso cervello, o nel midollo allungato o nello spinale o promiscuamente.

Ripetendo la sperienza di Bell per accertare la natura rispettivamente motoria e sensitiva delle radici spinali anteriori e posteriori, bisogna avere principalmente riguardo alle due seguenti circostanze.

1.° Alla possibilità della eccitazione paradossa (§ 54 I.) della radice sensitiva o motrice. Supposto infatti che si ecciti elettricamente il moncone centrale della radice anteriore motrice, per mostrare che essa non è sensitiva, potrebbero insorgere segni di sensibilità per eccitazione paradossa della radice sensitiva o del suo moncone centrale. Supposto invece che si ecciti quest'ultima per mostrare che essa non contiene fibre motrici, potrebbero destarsi dei movimenti per eccitazione paradossa tanto della corrispondente radice motrice o del suo moncone periferico, quanto dell'origine

spinale di vicine radici motrici sovra o sottoposte. Per evitare queste cause d'errore la stimolazione dovrà farsi preferibilmente con eccitanti chimici o meccanici.

2.° Alla possibilità che si ottengano manifesti segni di sensibilità così detta *ricorrente* da Magendie, che fu primo a riscontrarla eccitando il moncone periferico della radice anteriore recisa fra la sua origine ed il foro intervertebrale. Questa sensibilità, che si manifesta a radice posteriore integra, scompare a radice posteriore recisa. Alcuni la negano e la riferiscono semplicemente ad una eccitazione paradossa; altri invece (Bernard, Schiff) che la ottennero anche applicando eccitanti non elettrici, ne confermano la esistenza e la spiegano ammettendo, che nelle radici spinali anteriori si contengano fibre sensitive derivanti dal midollo o dalle sue membrane, le quali nel ganglio si ripiegherebbero nella radice motrice, per risalire con essa al midollo. Potrebbero essere fibre destinate alla sensibilità delle membrane del midollo.

§ 7. *Trasmissione riflessa nel midollo spinale.*

Per la non interrotta comunicazione che coi centri senzienti e volitivi del cervello, a mezzo delle radici posteriori ed anteriori e delle fibre ascendenti da esse al cervello, tengono le diverse parti senzienti e contrattili del corpo, il midollo spinale viene ad essere un organo, che ad esse e da esse trasmette rispettivamente dal cervello la contrattilità volontaria per le radici anteriori, al cervello la sensibilità per le radici posteriori.

Attese però le comunicazioni esistenti nel midollo spinale fra le cellule nervose delle corna posteriori e quelle delle corna anteriori, la eccitazione arrivata alle prime dai punti sensibili del corpo potrà trasmettersi alle seconde e determinare per questa guisa un movimento, il quale, siccome quello che ebbe luogo senza compartecipazione della volontà, prende il nome di *movimento riflesso,* pel quale intendesi appunto ogni movimento involontario, conseguente ad una eccitazione sensitiva.

Si hanno movimenti riflessi spontanei o sperimentali, tanto nell'ordine dei nervi spinali, quanto in quello dei cerebrali. Il contrarsi degli eccitati pezzi d'anguilla e la incontinenza d'orina degli infanti e dei paraplegici, sono esempii, rispettivamente sperimentali e spontanei, di riflessione nell'ordine dei nervi spinali. Il contrarsi della pupilla alla eccitazione elettrica e meccanica (Munk) del nervo ottico o alla eccitazione luminosa della retina, sono esempii rispettivamente sperimentali e spontanei di riflessione nell' ordine dei nervi cerebrali, dall'ottico, cioè, sul nervo oculo-motore. Però le riflessioni più importanti, tanto per la loro estensione, quanto per il loro coordinamento, quanto finalmente per il grado di compartecipazione

loro al disimpegno delle azioni vitali, sono senza dubbio le riflessioni che hanno luogo nell'ordine dei nervi che derivano dal midollo allungato e che avendo in questa parte della massa encefalica il loro centro di riflessione, ne determinano in questo senso la portata della dignità fisiologica. Lo sternuto e la tosse conseguenti alla eccitazione delle diramazioni sensitive della mucosa delle narici o della laringe; la deglutizione, la respirazione, lo sbadiglio, il vomito, sono movimenti riflessi, che hanno luogo di preferenza nell'ordine dei nervi derivanti dal midollo allungato.

Nè le riflessioni dalle fibre sensitive si fanno soltanto sulle fibre motrici dei muscoli volontarii, ma anche su quelle dei non volontarii, ove anzi acquistano grande importanza, perchè danno luogo al disimpegno di complicate azioni fisiologiche, senza che l'*io* ne sia menomamente avvertito. Così non solo la pupilla si restringe, ma si allarga pure per eccitazione riflessa dal tubo intestinale (elmintiasi) delle diramazioni iridee del simpatico. Il tubo intestinale si contrae tanto per eccitazione sensitiva spontanea (alimenti) o sperimentale della sua mucosa, quanto di altri punti sensibili, fra cui, per esempio, titillando i piedi (Valentin). Presente il midollo allungato ed integro il vago, il cuore può essere eccitato riflessoriamente da quasi tutti i punti sensibili del corpo. Alla eccitazione riflessa dei muscoli vasali non si devono soltanto gl'improvvisi pallori o rossori delle parti, ma si devono pure le congiuntevi variazioni di produttività delle parti medesime e specialmente degli organi più produttivi, quali sono i ghiandolari. Per cui, se in una iperemia riflessa, per essere semplicemente statica, non vi ha sensibile aumento di produzione, come nelle erezioni, si ha invece questo aumento in quelle forme di contrazioni riflesse dei vasi, che danno luogo ad iperemie statico-dinamiche, come nella salivazione per eccitazione del glosso-faringeo, nel sudore al sincipite per odore di aceto, nella secrezione cutanea del *Bombinator* per eccitazione della cute. Spettano pure alla categoria delle riflesse, le contrazioni dei diversi serbatoj e condotti escretori delle ghiandole, d'onde l'ejaculazione dello sperma per contrazione riflessa delle vescicole spermatiche; lo spruzzo della saliva dal condotto wartoniano, per grate viste od odori, o per eccitazione meccanica della mucosa orale; il trasporto dell'uovo all'utero per contrazione delle tube; l'espulsione del feto per eccitazione riflessa dell'utero; il versamento della bile nel duodeno per eccitazione riflessa del condotto coledoco dalla mucosa duodenale e così via.

Come poi le cellule nervose a mezzo delle quali si compiono le riflessioni, non esistono soltanto nei ganglii centrali del midollo spinale e del cervello, ma anche nei ganglii periferici dei nervi, così

si potranno avere delle corrispondenti riflessioni periferiche, le quali, per la riscontrata presenza di ganglii microscopici nella stessa compage degli organi, saranno suscettibili di compiersi anche in territorii assai circoscritti dei medesimi. Ne è prova palese la contrazione ritmica che succede alla puntura del cuore esportato. Queste riflessioni periferiche si compiono tanto in ordine a nervi semplicemente motori, come pel ganglio cervicale superiore rispetto alla pupilla, ma anche in ordine a nervi vaso-motori, come per il ganglio sotto-mascellare rispetto ai vasi dell'omonima ghiandola, i quali per le autonome contrazioni peristaltiche in cui entrano, determinano in essa, col rossore e coll'accelerata corrente sanguigna, quella iperemia statico-dinamica, che l'esperienza insegna condizionare gli esaltamenti di produttività.

Estendendo questo esempio, diventa assai verosimile, che tali esaltamenti nell'ordine fisiologico (iperemia del ventricolo con secrezione del succo gastrico, iperemia degli organi genitali, con produzione di germi e di latte) e nell'ordine patologico (infiammazione) sieno l'effetto di riflessioni periferiche.

Il movimento riflesso dovendo essere involontario, l'accertamento sperimentale della sua natura non potrà aversi, se non in seguito alla eliminazione di ogni azione della volontà. Si tenta di ottenere questo scopo o decapitando l'animale od assopendo il cervello con sostanze (narcotiche), le quali, come l'opio, la stricnina, l'etere, il cloroformio, mentre non alterano la eccitabilità e la conduttività delle fibre sensitive e motrici, producono una tale alterazione del cervello, per la quale si spegne ogni volontario moto di reazione alla sensazione. Supponendo che il secondo mezzo agisca uniformemente su ogni organo, da cui potesse emanare la volontà e che eventualmente si estendesse oltre il cervello nel midollo allungato o spinale, non avrebbe esso bisogno, per una esatta significazione sperimentale, della premessa necessaria al primo mezzo, che cioè negli animali sperimentati la volontà non emani che dal cervello propriamente detto.

Riserbandoci a dire più innanzi, quali dati si abbiano per ritenere che la volontà possa avere una emanazione extra-cerebrale, s'intende, come per questa circostanza si subordini la importanza dello scerebramento o della decapitazione nel tentativo di determinare i caratteri dei movimenti riflessi. Questo tentativo è pure difficoltato dall'altra circostanza, che i narcotici non ispengono intieramente la volontà, se non a dosi determinate e varie nei diversi animali.

A questi dubbii, che sono però menomabili, deve essere vincolato

il valore dei caratteri che si attribuiscono ai movimenti riflessi, per la cui genesi intanto è accertata la necessità della persistenza di un centro di riflessione, rappresentato dalla sostanza grigia, alle cui cellule nervose mettono e da cui emanano rispettivamente le fibre sensitive e motrici. Non solo separando il midollo spinale dall' allungato e questo dal cervello si possono ottenere movimenti riflessi da nervi, che hanno il loro centro di riflessione in ciascuna di queste sezioni, ma si possono pure avere movimenti unilaterali da ciascuna metà laterale delle medesime, e movimenti limitati al territorio d' innervazione di quell' unico pajo di radici spinali, che fosse compreso in un isolato segmento del midollo. E tutto questo quando non sia lesa la continuazione delle fibre senso-motrici nel centro di riflessione, cessando di aver luogo, nell' ultimo esempio, il movimento riflesso, se nel segmento di midollo spinale s' intercetti questa comunicazione col taglio della sostanza grigia, che riunisce fra loro le corna anteriori colle posteriori.

Premesse queste considerazioni, possiamo riassumere come segue i caratteri distintivi dei movimenti riflessi.

1.° A qualunque durata dello stimolo, i movimenti riflessi risultano sempre da una contrazione istantanea o da una serie di contrazioni istantanee, non mai da contrazioni durature quanto lo stimolo, come avviene pei movimenti volontarii o per quelli destati colla eccitazione diretta dei nervi motori. A stimolo istantaneo, ma intenso, le brevi contrazioni possono continuare a succedersi oltre la sua durata, con una intensità generalmente proporzionale a quella dello stimolo. Questo fatto, che si verifica specialmente nell'avvelenamento stricnico, è in opposizione col carattere assegnato da Chauveau ai movimenti riflessi, di non protrarsi cioè, oltre la durata dello stimolo.

2.° A qualunque più limitata circoscrizione dello stimolo, non risponde mai la contrazione di una parte soltanto di un muscolo, sibbene quella di almeno tutto il muscolo, o di un gruppo di muscoli coordinati ad un' azione fisiologica (tosse, sternuto, respirazione). Ciò significa che la eccitazione riflessa si diffonde ad un numero di fibre motrici maggiore di quello delle eccitate fibre sensitive. La via di questa diffusione potrebbe essere segnata: 1.° Da decomposizione centrale della fibra sensitiva in fibrille mettenti ciascuna ad una propria cellula sensitiva, comunicante con cellula motrice. 2.° Da emanazione di varii prolungamenti, che mettessero in comunicazione un' unica cellula sensitiva con varie cellule motrici. 3.° Da anastomosi reciproca delle cellule di un centro motore, i cui elementi comunicassero direttamente con una sola cellula sensitiva.

Esclusa la prima supposizione dalla facoltà che abbiamo di localizzare le sensazioni, diventa fra le altre più verosimile la terza; prima di tutto perchè le viene in ajuto l' anatomia, che dimostra la reciproca anastomosi degli elementi di un gruppo di cellule nervose; poi perchè spiega in migliore armonia colla diffusione del movimento nei conduttori fisici, quella del movimento nervoso.

3.° Difatti, aumentando la intensità di uno stimolo pur limitato nella sua estensione, o crescendo la eccitabilità dell' apparato di riflessione, cresce proporzionalmente la estensione del movimento riflesso, invadendo gruppi di muscoli, che erano rimasti inattivi sotto un minor grado di eccitabilità o sotto una stimolazione meno intensa. Ammettendo per la conduzione nervosa, quanto avviene per la fisica, che il movimento si esaurisca colla resistenza, possiamo colla terza, non colla seconda delle ipotesi più sopra accennate, spiegare la estensione del movimento, crescente colla intensità dello stimolo; poichè lo stimolo meno intenso potrà vincere soltanto la resistenza di poche cellule del gruppo motore non comunicanti che indirettamente colla cellula sensitiva, mentre se invece la comunicazione fosse diretta per tutte, vi potrebbero avere variazioni nella intensità del movimento, ma non nella sua estensione.

4.° L' estensione del movimento riflesso, per aumentata eccitazione od eccitabilità, ha luogo in base alle seguenti norme, che furono specialmente studiate e formulate da Pflüger. 1.° Quando eccitazione od eccitabilità, sono a tal grado, da non insorgere che un movimento riflesso unilaterale, esso ha sempre luogo dal lato eccitato. 2.° Quando invece il movimento si estende all'altro lato, entrano in azione i muscoli tutti o non tutti, ma sempre i corrispondenti a quelli che agiscono dal lato eccitato. 3.° Quando un movimento riflesso è variamente intenso ai due lati, la intensità maggiore corrisponde sempre dal lato della eccitazione. Questi enunciati trovano la loro spiegazione in quanto dicemmo più addietro sulla diffusione della riflessione. 4.° Nei centri di riflessione la eccitazione si trasmette dapprima a fibre motrici, che trovansi a livello sensibilmente eguale a quello delle sensitive; poi si estende successivamente a fibre, che colla loro origine vanno avvicinandosi al midollo allungato. Per cui la riflessione si estende dall' avanti all'indietro nel cervello, come avviene dell'ottico rispetto all'oculomotore nello stringimento della pupilla; dall'indietro all'avanti o dal basso all'alto nel midollo spinale, ove infatti vediamo che la eccitazione di un dito desta movimenti riflessi dapprima nel territorio del plesso bracchiale, d' onde può irradiarsi al plesso cervicale, all' accessorio, al vago, ma non ai nervi dorsali o lombari, a cui

ritorna soltanto dopo di avere raggiunto il midollo allungato. 5.° Quando la eccitazione non si trasmette primitivamente a fibre motrici dello stesso livello, in allora, o appare nel midollo allungato come nel trisma traumatico, o si diffonde da esso in quasi tutti i muscoli del corpo, come nel tetano.

5.° I movimenti riflessi non si destano con eguale facilità da tutti i nervi sensitivi e più facilmente si destano eccitando questi alla loro terminazione, che non sul loro decorso. Quanto al primo assunto, i più sensibili riflessori sono i nervi della cute e delle mucose, principalmente al palmo della mano, alla pianta dei piedi, all'ascella, alle labbra, al naso, alla laringe, alla congiuntiva. Anche nell'avvelenamento stricnico non si possono invece avere movimenti riflessi da eventuali fibre sensitive dei muscoli. Quanto al secondo assunto, esso tiene certamente alla modalità di eccitazione, poichè non essendo tattile, ma generale (dolore) la sensazione che si desta eccitando i nervi sensitivi della cute sul loro decorso, troviamo che questa maniera di eccitazione si riflette meno che non la tattile, come avviene, ad esempio, pei moti riflessi, che conseguono al solletico, ma non ad una più rozza eccitazione dei nervi di alcune parti della cute.

6.° I movimenti riflessi possono essere moderati dalla volontà, come lo dimostrano, da una parte, la possibilità di frenare, entro certi limiti, lo sternuto, la tosse, il riso; dall'altra, la maggiore predisposizione che ai movimenti riflessi hanno i dormienti e i decapitati. Probabilmente questo dominio della volontà si esercita per comunicazione dei centri psichici coi centri di riflessione, mediante fibre speciali, che agirebbero moderando quest' ultima, come le fibre del vago agiscono moderando i movimenti del cuore. Si vorrebbe da alcuni (Setschenow) che il centro di queste fibre moderatrici fosse nei lobi ottici, poichè irritando quivi con lesione il cervello delle rane od eccitandolo, si determina una depressione delle riflessioni. In argomento che ha per base una ipotetica ammissione di fibre e di centri moderatori non avanzeremo più oltre a svilupparlo o a combatterlo con Herzen, e solo ci limiteremo a dire, come dalla diminuita sensibilità cutanea, riscontrata sovra sè stesso da Setschenow, quando col premere del ventre, dei denti e colla sospensione del respiro, riproduce volontariamente la mimica di chi involontariamente frena il solletico, desuma egli, che le fibre moderatrici agiscono principalmente all'origine delle fibre sensitive, frenandone la trasmissione al cervello e la riflessione alle fibre motrici. Questo atteggiamento moderatore involontario tenderebbe pure a dimostrare, che sui centri di riflessione le fibre moderatrici possono anche agire

riflessoriamente per prolungamento delle fibre sensitive da questi centri ai centri moderatori. L'influenza moderatrice è però meno intensa quando è riflessa che quando è volitiva; possiamo frenare i movimenti riflessi che tende a destare il dolore, ma non freniamo quelli che desta un improvviso solletico.

7.° Si possono esaltare i movimenti riflessi colla stricnina assorbita od iniettata. Essa agisce dapprima sul midollo allungato; poi in direzione discendente sul midollo spinale, destando quelle generali contrazioni, che conseguono alle minime eccitazioni e che formano il *tetano stricnico.* Ce ne possiamo convincere vedendo, che nelle parti sottoposte ad una sezione fatta del midollo spinale a distanze diverse dal midollo allungato in mammifero appena avvelenato, manca il tetano e non vi appare che quando il veleno sia stato per opera dalla circolazione condotto fino al centro di riflessione della parte separata di midollo spinale. È poi indubitato che il veleno agisce sul centro di riflessione e quindi sulla sostanza grigia, della quale dovrebbe diminuire la resistenza, anzichè sulle fibre sensitive e motrici, le quali, se non piuttosto una diminuzione, non presentano certo un aumento di eccitabilità. Negli animali (rane) che si trovano nello stadio di morte apparente dell' avvelenamento stricnico, non si ottengono infatti le contrazioni, se non aumentando la intensità dello stimolo, e quanto ai nervi motori, nè trovasi in essi aumento di eccitabilità colla eccitazione diretta, nè continua il tetano in quelle parti dell'animale avvelenato, i cui nervi motori furono recisi, malgrado che la porzione periferica di questi nervi continui ad essere irrorata da sangue inquinato di veleno. Accade anzi, come pel woorara, che i nervi motori di animale avvelenato con stricnina non rispondano alla eccitazione diretta, mentre invece vi rispondono i muscoli. Kölliker attribuisce questo effetto ad esaurimento del nervo pel tetano preceduto, e lo prova con ciò, che tagliando l'ischiatico prima dell'avvelenamento, il suo moncone periferico si mantiene eccitabile. Benchè persistente in questo moncone la eccitabilità, fu però trovata minore da Funke, il quale avendo pure riscontrato nell'avvelenamento stricnico un aumento d'attività elettro-motrice negli integri nervi motori, desume che in essi non v'abbia per lo meno diminuzione di eccitabilità, ma impedita trasformazione del movimento nervoso direttamente eccitato in movimento contrattile.

Analogamente alla stricnina, ma meno energicamente, agiscono l'oppio, l'alcool, l'etere, il cloroformio, che prima della narcosi inducono l' esaltamento della riflessione. Pochi veleni conducono a morte senza prima avere, direttamente o indirettamente (per accumulo di CO_2 nel sangue) indotto un esaltamento della riflessione, che si manifesta nelle convulsioni.

8.° Sulla insensità delle riflessioni spinali influisce la specie dell'animale, succedendosi a questo proposito, in ordine di aumentante intensità, i pesci, i mammiferi, gli uccelli e gli anfibii. Pare che la differenza tenga alla crescente proporzione della sostanza grigia rispetto alla bianca (Schiff, B. Séquard) non alla crescente massa del midollo spinale rispetto al cervello, poichè questa massa è minore, per esempio, negli uccelli, che nei piccoli mammiferi. V'influiscono pure l'età dell'animale e la stagione, essendo le riflessioni più intense negli animali giovani e, nelle rane, meno intense in estate che nelle altre stagioni.

9.° Helmholtz ha determinato, che il tempo che impiega a destarsi il moto riflesso, calcolato dal cominciamento della eccitazione sensitiva, è da 11 a 14 volte maggiore del tempo che impiega un centro ad eccitare per la via di un nervo motore il muscolo. Questa differenza di tempo è spiegabile in parte per la maggior via percorsa dalla eccitazione riflessa. Pare però che la sostanza grigia concorra essa pure a ritardare maggiormente la trasmissione, poichè il tempo necessario alla insorgenza di un moto riflesso, cresce in proporzione maggiore della lunghezza della via, quando la trasmissione deve farsi più profondamente nella sostanza grigia.

Una teoria dei movimenti riflessi non si può erigere sul principio, che le fibre nervose trasmettano in senso trasversale lo stato di eccitazione alle fibre vicine. Contro questo principio sta la localizzabilità delle sensazioni e dei movimenti, che non sarebbe possibile, se fibre sensitive o motrici potessero trasmettere lo stato di eccitazione ad omonime fibre vicine. Nè in favore di questo principio può valere la eccitazione paradossa, per noi studiata al § 54 I, non essendo questa l'effetto della trasmissione alle fibre vicine di una corrente nervosa, ma degli aumenti elettrotonici positivi e negativi delle fibre eccitate.

Per spiegare quindi i movimenti riflessi, bisogna ammettere, con Marshal Hall, una conduzione non interrotta della eccitazione dalle fibre sensitive alle motrici, per l'intermezzo di cellule nervose formanti il centro di riflessione. Se non che per darsi ragione, come una eccitazione sensitiva possa determinare in un caso la sensazione percetta con un movimento volontario di reazione e in un altro caso invece un semplice movimento riflesso, M. Hall ammette, che oltre alle fibre sensitive di comunicazione col cervello, si distribuisca alla periferia del corpo un altro sistema di fibre, che egli chiama *eccito-motrici*, le quali arriverebbero soltanto fino al centro di riflessione. Questa ipotesi, cui manca la base anatomica, non spiega la diffusione della eccitazione a quasi tutti i muscoli, come

nel tetano, e lascia pure inesplicata la influenza della volontà, mediante la quale si può ripetere un movimento riflesso, si può moderarlo ed anche sopprimerlo. A queste esigenze corrisponde meglio la ipotesi, in molta parte convalidata anche dalla anatomia, che vi sia un solo sistema di fibre sensitive, le quali alle loro origini cellulari si tengono in comunicazione per una parte con cellule motrici, formando il centro di riflessione, per l'altra con cellule di organi percettivi e volitivi. La intensità variante delle eccitazioni e delle resistenze favorirebbe la trasmissione prevalente od esclusiva nell' una o nell'altra direzione. Le anastomosi esistenti fra le cellule nervose degli organi volitivi e le motrici dei centri di riflessione spiegherebbero la influenza più o meno estesa della volontà sui movimenti riflessi, mentre le altre anastomosi fra le cellule motrici di centri di riflessione diversi, spiegherebbero, in che modo la stessa eccitazione possa, per diminuita resistenza, diffondersi ad un maggior numero di centri e destare la contrazione di un maggior numero di muscoli, come avviene di vedere nei crampi, nelle convulsioni, nel tetano, nella epilessia.

Una causa di resistenza alla trasmissione della eccitazione potrebbe essere inerente alla orientazione delle molecole nervose. È un fatto che applicando una corrente continua longitudinale, sia poi dessa ascendente o discendente, al midollo spinale, diminuisce la intensità della riflessione in quest'organo, fino a spegnersi affatto ogni movimento riflesso col crescere della intensità della corrente. Si spiegano questi effetti ammettendo: che la disposizione bipolare, che le molecole nervose sono costrette ad assumere e a ritenere per la corrente applicata (§ 52 I) rappresenti una resistenza, che le stesse molecole devono vincere per assumere la orientazione propria di un nervo eccitato, e che, per quanto dicemmo al § 55 I, corrisponde al passaggio dalla disposizione bipolare alla peripolare. Questa resistenza dovrebbe essere maggiore per le molecole delle fibre nervose che decorrono trasversalmente nel midollo, essendochè queste molecole devono assumere, per la corrente longitudinale, una disposizione bipolare nel senso trasversale della fibra ed orientarsi peripolarmente in senso longitudinale al trasmettersi della eccitazione.

Ora siccome il midollo spinale è normalmente percorso da una corrente ascendente (dimostrata nella rana), così bisogna riconoscere in questa corrente una causa di resistenza, che spiega in primo luogo la maggiore difficoltà della trasmissione trasversa, per cui i moti riflessi, prima che dal lato opposto, appaiono dal lato eccitato; poi la relativa lentezza con cui il moto riflesso consegue alla eccitazione.

Visto che il movimento riflesso s'ingenera per trasmissione della eccitazione da fibre sensitive a motrici per l'intermezzo dei rispettivi centri d'origine, si domanda, se in base allo stesso principio, possano aver luogo sensazioni riflesse per trasmissione centrale di eccitate fibre motrici. Ritenuto che le fibre nervose di qualsiasi natura, eccitate sul loro decorso, trasmettono la eccitazione verso ambedue le loro estremità, non si potrebbe im-

pugnare che le sensazioni (dolorose) derivanti da una violenta contrazione muscolare per eccitazione (sperimentale) di un nervo motore siano di natura riflessa, se non insorgesse il ben ragionevole dubbio, che tali sensazioni fossero invece dirette, per pressione periferica esercitata sulle fibre sensitive dai contraentisi muscoli. Essendo questo il principale esempio che si adduce in favore di una eventuale esistenza di sensazioni riflesse, non si potranno queste ritenere per dimostrate, se non quando sia interrotta la comunicazione dei centri colle fibre sensitive delle parti, in cui si desta il dolore.

Anche i movimenti e le sensazioni consociate non si possono rigorosamente considerare come azioni riflesse.

I movimenti consociati, cui si possono anche riferire i moti coordinati, quali, ad esempio, lo stringersi della pupilla al contrarsi del retto interno, il peculiare atteggiarsi dei muscoli della faccia nello sforzo, l'involontario flettersi dell'anulare alla flessione volontaria del medio, anzichè come azioni riflesse, sono piuttosto a riguardarsi quale effetto di condizioni meccaniche, o della contemporanea eccitazione di varii centri motori per opera di una stessa azione eccitante. L'immissione di singole fibre centrifughe in centri motorii comunicanti fra loro, forma la base anatomica di questa seconda maniera d'interpretare la natura dei movimenti consociati, fra i quali ve ne hanno di affatto personali, come, ad esempio, le morfie di alcuni al momento che si accingono a parlare. Certi movimenti consociati possono anche vincersi coll'abitudine, come avviene della chiusura di un occhio senza quella dell'altro.

Quanto alle sensazioni consociate, quale, per esempio, il senso di nausea per odori, quello di fremito generale per concenti marziali, sono probabilmente l'effetto di una irradiazione della eccitazione per anastomosi dei centri sensitivi. Questa irradiazione può estendersi al punto da destare delle sensazioni subjettive e perfino delle rappresentazioni subjettive con o senza accompagnamento di sensazione objettiva. Nel primo caso, che si verifica durante la veglia, le azioni subjettive sono più deboli perchè disturbate dalle objettive, e ci accorgiamo della loro natura subjettiva, a meno che non acquistino una preponderanza patologica, come nelle *allucinazioni*. Nel secondo caso, che pur si verifica in esse e nel sogno, proviamo e riferiamo all'esterno delle sensazioni, senza punto accorgerci della loro natura subjettiva. Le sensazioni proprie degli isterici e degli ipocondriaci sono forse delle patologicamente esagerate irradiazioni sensitive.

§ 8. *Trasmissione della eccitazione nel midollo allungato.*

L'eccitazione al movimento volontario, che si trasmette dal cervello alle fibre motrici spinali, come pure la eccitazione sensitiva, che per le fibre spinali si trasmette al cervello, si desta in quel lato di esso, che è opposto a quello in cui si determina il moto o si provoca la sensazione. Lesioni unilaterali del cervello determinano la paralisi del lato opposto. Ciò significa che le fibre nervose nel percorrere la loro strada dal midollo spinale al cervello s'incro-



ciano. Quanto al luogo in cui avviene l' incrociamento, non altro si sa dire, se non che le fibre motrici non s' incrociano nel midollo spinale; mentre per le sensitive, benchè non sia del tutto dimostrato, non è però nemmeno del tutto impugnabile che il loro incrociamento avvenga in quest' organo.

È antica opinione, difesa anche da B. Séquard, che l' incrociamento delle fibre motrici avvenga nelle eminenze piramidali. Lo Schiff non avendo riscontrata alcuna lesione di moto (e nemmeno di senso) in seguito alla unilaterale sezione delle medesime, non s' accorda in questa opinione, ritenendo invece con Stilling, che le piramidi rappresentino nel midollo allungato un nuovo sistema di fibre, e che le fibre motrici dei muscoli respiratorii passino pei cordoni laterali, per le silique invece le fibre motrici delle estremità.

Quanto alla decussazione delle fibre motrici nel midollo allungato, lo Schiff, a cui dobbiamo le più attendibili sperienze fatte in proposito, è venuto ai seguenti risultati generali:

1.° Nessun incrociamento di fibre motrici ha luogo nei mammiferi fino a livello del calamo.

2.° Appena al disopra del calamo s' incrociano i nervi dei muscoli, che determinano la flessione laterale della colonna vertebrale.

3.° Più in alto e vicino al nodo s' incrociano i nervi dei muscoli, che determinano i movimenti volontarii degli arti posteriori.

4.° Nel solco che divide il midollo allungato dal nodo, sembrano decussarsi alcune fibre degli arti toracici ed ha luogo un secondo incrociamento dei nervi ai flessori della colonna vertebrale.

Si potrebbe quindi in termini generali affermare: che le fibre motrici delle diverse parti del corpo non s' incrociano tutte in un sol punto del midollo allungato; che i diversi sistemi di queste fibre s' incrociano successivamente dalla parte inferiore del midollo allungato fino al nodo del cervello ed anche oltre al medesimo; che forse per alcuni sistemi di fibre l' incrociamento si ripete.

A quest'ultima circostanza si devono, secondo Schiff, alcune caratteristiche variazioni nell'incesso degli animali, a seconda del livello a cui si fece la sezione laterale del midollo allungato. Sezionando, per esempio, la metà sinistra di quest'organo nella sua parte inferiore, in un coniglio od altro quadrupede, si paralizzano tutt'a prima i muscoli degli arti e della colonna vertebrale di sinistra, per cui la colonna s'incurva a destra e per mancanza d' equilibrio l'animale non potendo incedere coi soli arti destri, cade sul fianco sinistro. Eccitandolo ad incedere, pel prevalente punto d' appoggio che fanno gli arti di destra, va obliquo a sinistra, facendo però ad ogni passo dei semigiri a destra per seguire la direzione della

curva assunta dalla colonna vertebrale, curva che scompare nell'animale giacente, perchè allora non vi ha prevalenza dei muscoli di destra, volontariamente contraentisi nell' incesso. Facendo la stessa sezione più in alto a livello del calamo, vi ha pure paralisi degli arti di sinistra (segno di non avvenuto incrociamento) ma pel tronco si paralizzano i (già decussati) nervi di destra, per cui l' animale incede obliquo a sinistra con semigiri da questo lato per piegatura sinistra della colonna. Quest'ultima torna a piegarsi a destra recidendo nel solco di separazione del midollo allungato dal nodo, il che sarebbe indizio di una seconda decussazione delle fibre del tronco. Se non che per gli arti avviene invece: che un po' prima del nodo si ha paralisi temporaria dell'arto anteriore sinistro e permanente del posteriore destro, per avvenuta decussazione de' suoi nervi; mentre nel solco di separazione del nodo dal midollo allungato, si ha ancora paralisi dell' arto posteriore destro, ma gli arti anteriori sono tratti a sinistra per paralisi degli addutori del sinistro e degli abdutori del destro, i cui nervi subirono adunque un incrociamento. In questo caso avviene anche spesso una torsione della colonna vertebrale sul proprio asse.

La permanenza o meno della paralisi conseguente alla lesione delle diverse parti del midollo allungato, devesi, secondo Schiff, alla sostanza chinesodica, la quale assume la conduzione e restituisce quindi la motilità quando rappresenti una continuazione al cervello dai monconi periferici delle fibre recise, mentre invece non raggiunge questo effetto per quelle fibre, che avendo nello stesso midollo allungato il loro centro d'origine, furono recise in corrispondenza di questo centro. La persistenza adunque della paralisi indicherebbe una sezione delle fibre fatta in molta vicinanza al loro centro d' origine, il quale per quanto si disse più sopra, sarebbe già nel nodo del cervello per alcune delle fibre motrici degli arti posteriori.

Quanto alle azioni e alle trasmissioni sensitive nel midollo allungato, vi hanno dissensi corrispondenti alla diversa maniera (per noi veduta nella parte anatomica) di considerare i rapporti che passano fra i varii cordoni di quest' organo e le adjacenti masse cerebrale e spinale. Si può ritenere a questo proposito come accertato, che irritando il midollo allungato lungo la linea mediana posteriore non vi ha segno di sensibilità; il che accordasi colla indicazione anatomica, che fra i cordoni posteriori, divergenti lateralmente, s'introducono nel midollo allungato i cordoni gracili, che molti anatomici ritengono come provenienze cerebellari. Per la divergenza laterale delle colonne spinali posteriori nel midollo al-

lungato, la sensibilità dovrà trovarsi nelle parti laterali di quest'organo, la cui lesione, inerendo all'opinione di Schiff, che le colonne posteriori non conducono che la sensibilità tattile, determinerebbe, secondo questo autore, la iperestesia, ma non il dolore che sarebbe trasmesso dalla sostanza estesodica. Nessun dolore, secondo Schiff, ledendo le eminenze piramidali, le colonne posteriori poste immediatamente dietro di esse e le colonne laterali, quando sia stato previamente esportato il 10°. Insensibile il pavimento del 4° ventricolo, donde spiegata la indolenza di tumori od esostosi quivi esistenti.

La lesione dei corpi restiformi non apporterebbe, secondo Schiff, nè iperestesia, nè perdita del tatto, per cui egli ed anche B. Sequard e anatomicamente lo Stilling non li considerano come prolungamenti delle colonne posteriori, ma come formazioni nuove del midollo allungato. Pare invece a Longet che i corpi restiformi sieno conduttori delle impressioni tattili.

Come per lo spinale, così anche pel midollo allungato lo Schiff afferma, che ledendo oltre la metà, per esempio, sinistra di quest'organo, poi più sopra la metà destra, la sensibilità generale si distrugge a destra e permane a sinistra per la presenza a destra di un po' di sostanza grigia spettante alla conduzione di sinistra.

Alla cessazione dell' iperestesia, conseguente alla sezione unilaterale del midollo allungato, succede un ottundimento della sensibilità d'ambo i lati del corpo, meno però dal lato della lesione.

§ 9. *Trasmissione riflessa nel midollo allungato.*

Il midollo allungato non è soltanto organo intermedio di conduzione fra cervello e midollo spinale e viceversa, in causa del non interrotto, benchè deviato decorso, che hanno in esso le fibre cerebro-spinali. Esso è anche un importantissimo centro di coordinamento riflesso, in causa dei molti nervi che emana e delle multiformi comunicazioni centrali, che mantiene, tanto fra essi, quanto colle origini di nervi spinali e cerebrali.

Alle principali azioni derivanti dalle riflessioni del midollo allungato si possono riferire le seguenti:

1.° Il complicato e coordinato movimento respiratorio, che vedemmo avere i suoi centri ai lati della punta del calamo (§ 59 II.). La ineguale sopravvivenza dei diversi animali alla lesione di questi centri è dovuta alla varia energia con cui si compie nei medesimi la ossidazione, motivo per cui vi soccombono più presto gli animali ad ossidazione più energica (uccelli e mammiferi da 2 a 30 minuti) che non gli animali ad ossidazione meno energica (pesci [1 a 6

giorni] e rettili fino a 4 settimane [salamandre]). Sta pure in relazione colla minore intensità della ossidazione la maggiore sopravvivenza dei mammiferi ibernanti (1 giorno). Tale sopravvivenza è pure influenzata dalla temperatura, talchè le rane, che sono molto resistenti, soccombono in pochi minuti a + 40°.

Alle comunicazioni esistenti fra le diverse parti di uno dei centri respiratorii, non che tra i due centri fra loro e col cervello, si devono i peculiari ordinamenti, la bilateralità e la circoscritta volitività dei movimenti respiratorii, mentre forse al diverso grado di eccitabilità e di esauribilità dei componenti questi centri, si devono le ritmiche successioni dei movimenti medesimi.

2.° Il non meno complicato movimento di deglutizione (§ 82 I.) che, secondo Schröder v. d. Kolk, avrebbe il suo centro di riflessione nelle olive succentoriate (*corpi olivari inferiori*). I nervi sensitivi incaricati della eccitazione riflessa in questo centro sarebbero, secondo questo autore, i rami palatini della 2.ª branca del 5.° con esclusione del linguale e del glosso-faringeo, pel motivo che, secondo Panizza e Stannius, la deglutizione si compirebbe integralmente anche in seguito alla recisione di questi nervi. Convenendo in questo reperto, crediamo che esso, anzichè la esclusione del glosso-faringeo, dimostri piuttosto la pluralità delle vie eccito-motrici, poichè ottenni la deglutizione, eccitando elettricamente nel cane il moncone centrale del glosso-faringeo, la cui eccitazione meccanica (col titillamento) alla base della lingua, può tanto fallire (forse per influenza della volontà) nel dare il movimento di deglutizione, quanto può fallire la eccitazione meccanica del palato molle e del velopendolo, a cui si distribuiscono i rami palatini. Le comunicazioni delle olive succentoriate per fibre ai centri d'origine del 7.°, dell'11.° e del 12.° pajo, quelle che esse tengono fra di loro per fibre trasversali, e quelle finalmente che per fibre longitudinali tengono col cervello, valgono tanto a spiegare la complicazione e la bilateralità del movimento di deglutizione, quanto l'impulso che a questo movimento può essere dato dalla volontà, che non è però capace di arrestarlo o rallentarlo incoato che sia.

3.° Tuttochè non sieno ancor dimostrate delle comunicazioni centrali del 5°, del 9°, del 10°, colle fibre motrici dei nervi spinali implicati nella respirazione, pure, la derivazione dei diaframmatici dai paraggi del centro respiratorio, autorizza ad ammettere, che nel midollo allungato abbia pur luogo la riflessione dalle fibre sensitive del 5°, 9°, e 10° sulle fibre motrici del vago e dei diaframmatici nel movimento riflesso del vomito.

4.° Pare che ad un movimento di costrizione o di rilasciamento

dei vasi epatici, avente il suo centro di riflessione nel midollo allungato, debbasi la glucosuria che si determina ledendo il pavimento del 4.° ventricolo (§ 125 I.) in corrispondenza dell' ala cinerea ed anche più innanzi verso il nodo del cervello e verso le gambe del cervelletto al nodo. In quest'ultimo caso avrebbe luogo, secondo Bernard, complicazione di albuminuria e vi avrebbe invece salivazione, se la lesione cadesse più innanzi nel nodo del cervello, al di dietro delle origini del 5.° pajo. La glucosuria appare in media nei mammiferi un' ora e mezza dopo l' operazione e scompare sei ore dopo, mantenendosi più a lungo nelle rane. L'operazione si fa, o scoprendo lo spazio occipito-atlantoideo e penetrando quindi nel 4.° ventricolo fra il midollo allungato e il cervelletto, ovvero trapassando verticalmente il cranio al di dietro del tubercolo occipitale con un punterolo sporgente per qualche millimetro da una linea retta, formata da due taglienti ali laterali.

5.° Le anastomosi delle olive fra di loro e coi centri di origine dell' ipoglosso accennano alla esistenza nel midollo allungato di un centro d' azione bilaterale della lingua nell' eloquio, il cui nesso colla espressione del volto e le comunicazioni delle stesse olive colle origini del facciale, fanno pur credere a Schröder v. d. Kolk : che se i movimenti, i quali determinano l'espressione della fisonomia possono essere volitivamente eccitati dal cervello, insorgono però anche riflessoriamente nelle olive, le cui comunicazioni colle origini del 7.° trova infatti v. d. Kolk più sviluppate in quelli animali, che hanno una espressione fisionomica più marcata, quali sono appunto gli animali da preda.

6.° Anche il nictitare delle palpebre, benchè volontariamente eseguibile, insorge riflessoriamente in un centro anastomotico delle origini del 5.° e del 7.° nel midollo allungato.

7.° È ancora incerto se nel midollo allungato esista un centro di riflessione dei movimenti cardiaci. Budge avrebbe dimostrato che la sezione di quest'organo nella rana, rallenta, la stimolazione accelera i movimenti del cuore; effetti questi che non si otterrebbero dal midollo spinale. Prescindendo però dall'opinione di Willis, che attribuisce l' innervazione del cuore al cervelletto per la via dei vaghi, non sono a trascurarsi le risultanze di Prohaska, di Legallois, di Wilson Philip, di Nasse, di Longet, di Moleschott, le quali collimano a riscontrare una influenza del midollo allungato e spinale sul cuore, per la via del vago e del simpatico. Inerentemente alla sua opinione, che non il solo simpatico, ma anche il vago sia nervo motore e non moderatore dei movimenti del cuore, Moleschott riscontrava bensì coi Weber (§ 27 I.) che forti correnti

applicate al midollo allungato riducono il cuore al silenzio, ma riscontrava pure, che deboli correnti aumentano invece la frequenza del polso, anche dopo recisi i simpatici cervicali, ma non dopo recisi i vaghi. Sì dall'una dottrina (dei Weber) che dall'altra di Moleschott risulterebbe quindi nella eccitazione del midollo allungato un' azione diretta sul cuore per la via dei vaghi.

Se non che però (calcolate le riserve che facemmo al § 27 I.) oltre all' esistere pure nel midollo allungato, secondo Bezold, il centro eccitatore di alcune fibre motrici del cuore, che uscite dal midollo spinale entrerebbero nel simpatico per la via dei rami comunicanti, esisterebbe pure nel midollo allungato, secondo Moleschott, un centro di riflessione di fibre spinali sul pneumo-gastrico. Moleschott desume l'esistenza di questo centro da ciò, che le deboli e forti eccitazioni del midollo spinale determinano rispettivamente acceleramento e rallentamento di polso, tanto se integri i vaghi ed i simpatici, quanto se recisi gli uni o gli altri; non invece se recisi amendue. In accordo colle risultanze di Bezold, trova Moleschott in questa esperienza la prova di un' azione diretta del midollo spinale sul cuore per la via dei simpatici, ma trova anche un' azione riflessa nel midollo allungato sui vaghi.

La parte di midollo spinale che trovasi a livello della 3.ª vertebra, e quella che si trova a livello della 7.ª ed 8.ª vertebra, influiscono pure rispettivamente sui cuori linfatici anteriori e posteriori della rana.

8.º Secondo Schröder v. d. Kolk, il midollo allungato dovrebbe pur essere considerato qual centro dei crampi patologici riflessi, dei crampi epilettici, delle convulsioni che avvengono per dissanguamento, delle convulsioni epilettiformi che insorgono spontanee o in seguito alla eccitazione del 5.º in animali, nei quali siasi recisa una metà laterale o le colonne posteriori del midollo allungato (Brown Séquard).

§ 10. *Dubbia natura di alcuni movimenti di origine del midollo spinale ed allungato.*

Il dubbio mosso al § 7 sulla esclusiva emanazione della volontà dal cervello, come condizione necessaria per l' accertamento della natura riflessa dei movimenti che si destano in animali scerebrati, fondasi sul fatto, che alcuni animali decapitati reagiscono ancora alla eccitazione con dei movimenti, che potrebbero essere ritenuti per volontarii, epperò conseguenti ad una reazione dell' *io*. Nel campo fisiologico, la volontà ed il pensiero non si possono altriment

considerare che azioni di organi nervosi, come azione di organo muscolare si considera la contrazione. La fisiologia che non può imporre ad altre dottrine, come da esse non può lasciarsi imporre, uscirebbe dalle proprie ed invaderebbe le altrui competenze, se ammettesse la possibilità di azioni fisiologiche, non emananti da organi materiali. Nello stato attuale delle nostre cognizioni sulla struttura del sistema nervoso, questi organi che agiscono ingenerando il pensiero e la volontà, non possono altrimenti essere che cellule nervose, da cui emanano fibre conduttrici della eccitazione volontaria dei muscoli, ed a cui accedono fibre conduttrici della sensazione da percepirsi, da rappresentarsi e da giudicarsi. Tali organi non potranno quindi risultare che da sostanza grigia, la quale, se per gli animali superiori si può ammettere sia tutta concentrata nella massa encefalica ed esclusivamente riservata alle riflessioni quella, che da essa si estende pel midollo allungato nello spinale, potrebbe essere che in altri animali di ordine inferiore, anche in quest'ultima parte, benchè prevalentemente chiamata alle riflessioni, disimpegnasse in minor grado che nel cervello alle azioni psichiche e volitive. Queste supposizioni sono autorizzate dall'esempio di altre azioni fisiologiche, le quali vediamo per gli animali inferiori concentrate in un organo solo, mentre invece per gli animali superiori le troviamo divise in organi diversi, i quali, coll'elevarsi della organizzazione e col conseguente complicarsi delle azioni fisiologiche, realizzano il principio della divisione del lavoro, con tanto acume espresso e dimostrato nella serie zoologica da Cuvier. Gli è di tal guisa che mentre per alcuni animali vediamo, ad esempio, concentrate in un organo solo le azioni sessuali, o affidata all'epitelio intestinale la produzione della bile, o da un solo organo disimpegnata l'azione digestiva e respiratoria, vediamo altri, senza massa encefalica, sviluppare azioni di volontà, e se vero è che animali unicellulari esistono, dobbiamo ammettere per essi, che come ogni bricciolo del loro corpo è capace di riprodursi, così è anche capace di volere, dovendo essere per essi concentrate nella sostanza di un solo elemento quelle condizioni materiali, per le quali esso vive non solo, ma sente di vivere.

Tali premesse non tendono ad insinuare, che negli animali superiori e nell'uomo possano svolgersi azioni psichiche e volitive dal midollo spinale. È bensì vero, darsi esempii di feti acefali o di neonati animali scerebrati, che oltre al muovere gli arti, furono capaci di vagire e poppare; non che di uomini decapitati, i quali furono capaci di movimenti improntati del carattere volitivo. Questi esempii, pel dubbio in cui lasciano, che uno stimolo non determi-

nabile, avesse potuto destarli riflessoriamente, debbono cedere innanzi all' osservazione patologica, fatta specialmente da Marshall Hall, che cioè nelle sezioni del midollo spinale, cessa affatto ogni sensibilità ed ogni movimento volontario nelle parti e negli arti sottoposti, i quali però si contraggono ancora riflessoriamente con una energica retrazione, se vengano esposti ad una violenta, ma non percepita eccitazione.

Non avviene però così della rana, i cui arti rigidamente si estendono all' atto della decapitazione e tali rimangono per qualche minuto; ma poi, senza che v' abbia influito alcun determinabile stimolo, si ritraggono al ventre, atteggiandosi al modo consueto in questo animale e quivi ritornando nel caso che venissero estesi. Lasciando anzi il midollo allungato, l'animale diventa capace di movimenti più complicati, perchè ritorna sul ventre se adagiato sul dorso, nuota regolarmente ed osservando anzi le rane che si vendono decapitate e decorticate sulle nostre piazze, le si vedono muoversi nello scopo di sormontarsi l' una all' altra, e salire sugli orli di un recipiente che le accoglie e saltare da esso per evadere. E notisi che questi movimenti, i quali portano seco il carattere della opportunità, a differenza dei riflessi, si compiono, preservando anche la rana da ogni stimolazione tattile mediante il decorticamento, e dall' azione di qualsiasi altro sensibile stimolo, la cui precedenza sappiamo invece essere necessaria per la insorgenza di movimenti semplicemente riflessi.

Che se invece attendiamo ai movimenti che si destano colla eccitazione della rana decapitata, troviamo che essi mancano spesso di uno dei caratteri che dovrebbe avere il movimento riflesso, quello cioè di essere invariabile, quando lo stimolo sia sempre eguale e sempre applicato nello stesso luogo. Attenendoci infatti alla più verosimile teoria, che i movimenti riflessi debbansi ad eccitazione di fibre motrici, portata da fibre sensitive a centri di riflessione, bisogna ammettere la esistenza di apparati di riflessione, i quali ad eguaglianza di condizioni potrebbero, per variante intensità dello stimolo, permettere una più estesa diffusione dell' azione riflessa, ma non mai un tale cambiamento, per il quale, in seguito alla stimolazione di una fibra nervosa sensitiva *a*, invece di reagire motoriamente e successivamente le fibre motrici *b c d* dello stesso lato, reagiscano invece le fibre *x z* del lato opposto. Ciò non è possibile avvenga per riflessione operantesi a mezzo di apparati, che colla loro, reclamano la persistenza dei proprii effetti. E ciò appunto avviene invece nelle rane decapitate, le quali, benchè al medesimo stimolo reagiscano assai volte con meravigliosa uniformità, pure

vi reagiscono anche assai variamente. Così, per esempio, se con sufficiente uniformità la stimolazione della cloaca determina in ambo gli arti posteriori un movimento di flessione tendente alla eliminazione dello stimolo, quella di uno stesso arto posteriore o desta il ritiro dell'arto che si flette, o la reazione di esso che si stende fortemente contro la pinzetta che lo pizzica, o il tentativo di evasione mediante il salto, quando il midollo allungato non sia stato esportato. Se noi anzi, in rana decapitata, stimoliamo, per esempio, l'arto posteriore destro col farvi cadere al poplite una goccia d'aceto, la rana tenta molte volte eliminare lo stimolo confricando coll'arto opposto il punto stimolato; se quest'arto si recide e si stimola di nuovo, intercede prima un po' di tempo, forse impiegato ad un tentativo di movimento dell'arto esportato, poi succede nell'altro arto un movimento di flessione della zampa, che tenta soffregare il punto eccitato; ed esportando anche la zampa, avviene un tal movimento di flessione, che conduce a soffregare questo punto contro il ventre.

Or dunque la rana decapitata compie dei movimenti che possiamo dire *opportuni*, in quanto tendono a raggiungere uno scopo. Una tale opportunità però non indicherebbe per sè stessa che il movimento sia volontario anzichè riflesso, poichè anche tutti i movimenti riflessi sono opportuni. La natura volontaria del movimento risulterebbe piuttosto:

1.° Dalla variazione che uno stesso stimolo applicato nello stesso luogo induce nei movimenti, senza che questi perdano mai il loro carattere di opportunità, e che variano anzi appunto col variare delle circostanze per mantenere questo carattere, come avviene quando la rana non trovando più l'opposto arto od il piede della coscia eccitata, piega questa sotto il ventre per detergerla dall'acido che le abbiamo applicato.

2.° Dalla necessità che movimenti conseguenti a stimoli diversi applicati nello stesso luogo, si modifichino per mantenersi opportuni, talchè, per esempio, mentre la pressione con una pinzetta dell'arto posteriore di una rana decapitata determina un movimento di flessione o di estensione dell'arto nello scopo di sfuggire allo stimolo o di respingerlo, l'eccitazione dello stesso punto coll'acido acetico, determina dei movimenti di soffregamento, varianti colle circostanze, ma sempre tendenti alla eliminazione dello stimolo in un modo corrispondente alla natura di esso. Nè in questo secondo caso potrebbesi opporre alla interpretazione della natura volontaria del movimento, che lo stimolo potrebbe diversamente eccitare l'apparato di riflessione, poichè, come in un apparato meccanico il movimento sarebbe sempre identico, fosse poi l'embolo di questo apparato ri-

mosso, per esempio, dal vapore o dall'aqua, così in un apparato di riflessione è sempre un movimento nervoso quello che si desta, tanto con uno stimolo chimico, quanto con uno stimolo meccanico.

3.° Dallo svanire del carattere di opportuna varietà del movimento volontario e dall' insorgere invece della regolarità del movimento riflesso, quando si elimini ogni influenza della volontà colla narcosi dell' animale decapitato. Vale a questo proposito la interessante sperienza di Pflüger, che avvicinando alla fiamma di una candela la coda di un' anguilla od anche la coda di un giovane gatto, questa, contrariamente alla legge che il movimento riflesso insorge primamente dal lato eccitato, si contrae dal lato opposto, inducendo per effetto l' allontanamento della coda dalla fiamma, mentre se poi la si narcotizza colla stricnina e si ripete l'esperienza, la contrazione, in base alla mentovata legge di riflessione, ha luogo dal lato eccitato, con avvicinamento della coda alla fiamma.

Io ho ripetuto sull'anguilla questa interessante sperienza con risultato, che fu qualche volta un po' diverso dall' esposto, ma non meno forse eloquente.

Prendendo in mano l' estremità cruenta di un pezzo caudale di vivace anguilla, ed avvicinandolo alla fiamma della candela, si vede che nella zona circostante alla scottatura l'anguilla piegasi in modo da formare una curva colla concavità verso la fiamma, per cui la estremità sottoposta al punto scottato tenderebbe ad avvicinarsi alla stessa. Se non chè però, superiormente al punto scottato, e in distanza da esso tanto maggiore, quant' è più lungo il pezzo d'anguilla sperimentato, o quanto è più lontano dalla mano il punto scottato, si determina, dal lato opposto a quello della scottatura, una inflessione colla concavità dal lato opposto a quello della fiamma e della inflessione precedente. La prevalente energia di questo secondo movimento, che sembra succedere al primo, fa sì, che tutta l'estremità caudale dell'anguilla sperimentata, pur mantenendo la prima inflessione destata dalla fiamma, si allontani da essa, descrivendo un segmento di circolo, che viene ad avere il suo centro in vicinanza alla mano dello sperimentatore, e più precisamente nel vertice della seconda inflessione.

Lo stesso risultato si ottiene se si variano i punti di scottatura dallo stesso lato, e *mutatis mutandis*, se si variano dal lato opposto.

Quando invece si sperimenti con pezzo d' anguilla semispenta, o il pezzo sia esausto o narcotizzato con stricnina, allora, pur persistendo la prima inflessione, o manca affatto o non si hanno che deboli traccie della seconda.

La prima inflessione verso la fiamma corrisponde alla natura delle

azioni riflesse, che insorgono sempre dal lato dello stimolo. Vi corrisponde meno la seconda, che è dovuta ad una contrazione del lato opposto. La si potrebbe spiegare in base al principio della diffusione della eccitazione, ma inallora perchè gli effetti di questa diffusione, mancando nei punti intermedii, si manifestano nel punto più lontano, coll' evidente vantaggio di ottenere un maggiore allontanamento per maggiore lunghezza del braccio di leva della resistenza? (§ 75 I).

Nel sonno, in cui abbiamo una specie di narcosi della coscienza, si verifica qualche cosa di analogo a quanto vedemmo avvenire nella rana decapitata. Titillando nel sonno la narice destra, il dormiente reagisce colla caratteristica regolarità della riflessione, muovendo il braccio destro; fermando questo braccio e titillando di nuovo la stessa narice, allora il dormiente reagisce muovendo il braccio sinistro, col carattere di opportuna varietà dei movimenti volontarii, per la eccitazione di cui è ancora capace la coscienza del dormiente.

Partendo dal principio della indivisibilità di quel *quid,* che noi, per non invadere incompetentemente il terreno altrui, distingueremo con altri dall' anima col nome di *animo,* partendo dico dal principio della indivisibilità dell' animo, e dall' altro principio, non meno anti-fisiologico, che la natura non abbandona al proprio beneplacito l'esistenza dell'organismo, ma lo costringe a conservarsi, direbbero alcuni, che in ossequio a tale esigenza, tutti i movimenti riflessi dell'animale portano l' impronta dell' opportunità, e che gli stessi movimenti volontarii, non sono che altro dei mezzi, di cui si prevale la natura per raggiungere lo scopo della conservazione. A parte ontologismi e finalità, è agevole convenire, che moti riflessi, come la tosse, lo sternuto, ecc., hanno il carattere della opportunità, che qualche volta però non riesce tanto evidente, come nei moti convulsi da elmintiasi, nelle contrazioni da spavento, ecc. Se però la opportunità dei movimenti non vale a distinguere i riflessi dai volontarii, ciò non significa che ogni movimento opportuno possa essere considerato addirittura come riflesso. Conveniamo che l'accosciarsi della rana decapitata, il volare o l'equilibrarsi sul suo esile sostegno del colombo o del pollo, cui si esportarono gli emisferi cerebrali, possa considerarsi come un' azione riflessa, destata dalla molesta sensazione dell'arto non accosciato o squilibrato; ma quando vediamo la rana decapitata informare il movimento alla natura dello stimolo, allora siamo costretti a riconoscere un'azione regolatrice del movimento medesimo.

Conveniamo pure che la diffusione della eccitazione a più lontani centri di riflessione, possa ridestare dei movimenti, i quali,

tuttochè abbiano l'apparenza di volontarii, potrebbero anche riferirsi ai riflessi. Ne abbiamo un esempio nella rana, che potrebbe dar prova della diffusione della eccitazione, impiegando l'altro arto per allontanare lo stimolo dal moncone dell'arto reciso.

Fu pure invocata la diffusione per giudicare della natura di alcuni movimenti, che si ritengono destarsi per riflessione, non solo da centri sensitivi, ma anche da centri affettivi nell'uomo e negli animali scerebrati.

L'accorrere colla mano a graffiare la cute che prurigina, o a distendersi sul fianco che duole; il flettere del petto sul ventre e l'applicarvi delle mani nelle coliche, possono invero considerarsi quali movimenti riflessi, che ad un minor grado di eccitazione non sarebbero insorti con tale estensione, e si sarebbero limitati, per esempio, a quella semplice e peculiare espressione assunta dalla fisonomia ad ogni vivida eccitazione.

Moderate sensazioni visive, gustatorie, acustiche, si limitano a riflettersi sull' iride, sul tensore, sulla lingua; sensazioni più intense si estendono a determinare dei moti volontarii, di riparo dalla luce, di disgusto ai sapori od agli odori cattivi, di contrazione generale e perfino di arretramento della persona agli scoppii improvvisi e violenti.

A questo proposito è anzi degna di rimarco la circostanza, che mentre le riflessioni tattili tendono tanto ad avvicinare quanto ad allontanare lo stimolo, le riflessioni dagli altri sensi modicamente eccitati di prevalenza lo avvicinano; d'onde il tendere delle mani agli oggetti lucenti del bimbo, che ricorda il beccare che fa degli stessi un volatile scerebrato; d'onde ancora l' inclinare della testa ed anche del corpo ai suoni; d'onde finalmente analoghi moti del bracco all' odor della preda.

Nè tali effetti della diffusione si limitano alle riflessioni che hanno luogo da centri semplicemente sensorii, ma si estendono anche a quelle che comprendono anche dei centri affettivi. Così, se l' apprensione od il timore destano riflessoriamente la contrazione di quei muscoli, dai quali può dipendere una più opportuna azione dei sensi, specialmente visivo ed acustico (direzione del bulbo dell'occhio e del padiglione dell' orecchio) per la diffusione della eccitazione nel terrore, la riflessione si estende a ridestare una quasi generale contrazione tetaniforme. Ciò valga di altre sensazioni subjettive, cui sono riferibili le stesse passioni. Mestizia, ilarità, fame, sete, compiacenza, ira, non solo destano riflessoriamente peculiari impronte fisionomiche, ma diffondonsi pure a suscitare la contrazione riflessa di più o meno estesi gruppi muscolari; d' onde lo

sbadiglio e le convulsioni degli affamati; le involontarie espressive gesticolazioni di chi lieto sfrega le mani o irato le stringe a pugno. La espressione mimica di tali riflessioni da centri affettivi è anzi tanto caratteristica, che sta nella sua giusta imitazione molta parte di squisitezza d'arte drammatica o pittorica, come nel saperla bene frenare o dominare sta la squisitezza del fingere.

Il neonato, poco o non idoneo ai movimenti volontarii per lo sviluppo ancora arretrato de' suoi organi psichici, deve in gran parte alla facile diffusibilità della eccitazione quell' eretismo di riflessione, che è proprio di questa età; d' onde i vagiti alle stimolazioni, specialmente cutanee, mancante ancora la facoltà di localizzarle: i moti riflessi delle labbra che abbracciano il capezzolo od il dito che ne titilla la cute. E a prova che già a quest' epoca sono costituiti degli apparati di riflessione identici a quelli delle età successive, vediamo anche il neonato, come l'adulto, flettere nelle coliche le coscie sul ventre ed incurvando la spina avvicinarvi il torace.

Partendo dalla premessa, che ogni movimento volitivo non possa essere fatto che in presenza degli emisferi cerebrali, dovrebbesi considerare come riflesso quel movimento, per cui un volatile scerebrato si ritira alla forte pressione del suo becco ed anche dà segno di ira.

Conveniamo perfettamente che il diffondersi della riflessione possa dar luogo a movimenti, i quali, tuttochè abbiano il carattere di volontarii, pure potrebbero anche non esserlo, e concretiamo questa eventualità nell' esempio della rana, che impiega l' altr' arto per allontanare lo stimolo dal moncone dell' arto amputato; ma non possiamo egualmente convenire nell'ammettere la natura semplicemente riflessa di movimenti, i quali, colla qualità della causa eccitante, opportunamente si modificano per isfuggirla od eliminarla in modo, da cessare ad uno stimolo la contrazione di muscoli che reagirono all'altro e da insorgere invece all'azione del primo stimolo la contrazione di altri muscoli che non reagirono al secondo, come appunto avviene quando la rana decapitata flette od estende l'arto compresso, o deterge invece col piede il liquido eccitante applicato al medesimo.

A questo proposito dobbiamo pure convenire che i movimenti riflessi, sotto la influenza psichica, sono suscettibili di essere educati alla opportunità. Il bambino grida alla eccitazione dolorosa della sua cute, ma non ritira tosto la mano dalla fiamma che lo arse o non lascia tosto cadere l'oggetto che gli fe' male, perchè le sue azioni riflesse non si sono ancora convenientemente modellate alla tuttor deficente facoltà di localizzare la sensazione. Questa educa-

bilità delle azioni riflesse si spiega, ammettendo una diffusibilità generale della eccitazione a tutti i centri motori, come nel tetano, ed una preferenza della eccitazione a battere riflessoriamente quelle vie, che vennero in certa guisa appianate dall'abituale contrazione volitiva. L'educabilità della riflessione può giungere al punto da abolirsi delle riflessioni congenite come quella del poppare, e da insorgere delle riflessioni acquisite come il battere del tempo musicale. Essa però non potrà essere invocata pei giovani animali, fra cui le rane, che allevate dallo stadio di larva e diligentemente preservate dall'azione di stimoli educatori, reagiscono ad essi dopo la decapitazione, colla modalità inerente alla loro natura.

Comunque però da studii ulteriori venga risolto questo agitato problema, varrà esso, se non altro, a confermare la difficoltà di giudicare della natura riflessa o volitiva di quelli specialmente fra i diversi movimenti, che possono compiersi tanto per azione di volontà, quanto per semplice riflessione.

§ 11. *Trasmissione ed attività cerebro-cerebellare.*

Se l'indagine sul decorso delle fibre spinali nel midollo allungato conduce alle complicate risultanze che precedentemente esponemmo, tanto più oscure ed incerte dovranno essere quelle emergenti da uno studio dell'ulteriore andamento delle fibre spinali dal midollo allungato nelle diverse parti del cervello e del cervelletto.

Quivi infatti riesce perfino difficile il più elementare cômpito di sapere, se si abbia a che fare con una parte motrice o sensitiva della massa encefalica, poichè se alla eccitazione di una parte centrale consegue qualche movimento nel tronco o nella estremità, prescindendo dai dubbii che potrebbero insorgere rispetto ad una eventuale diffusione della eccitazione alle parti vicine, riesce difficile il decidere, se quel movimento sia diretto per eccitazione di fibre motrici, o riflesso per eccitazione di fibre sensitive, od anche volitivo per destata sensazione dolorosa; che se invece il movimento mancasse, non si potrebbe ancora conchiudere sulla negativa influenza motrice della parte eccitata, prima di tutto perchè i delicati componenti anatomici di questa parte potrebbero essere stati virtualmente distrutti dagli stessi mezzi adoperati per raggiungere (operazione) e per fare la eccitazione, poi perchè l'esperienza insegna, che la paralisi di moto consegue assai volte alla esportazione di parti centrali motoriamente ineccitabili. Quello che si dice di una parte motrice della massa encefalica è pure applicabile ad una parte sensitiva, intorno alla cui natura, non si può, per gli stessi motivi, con

certezza decidere, sul semplice criterio della insorgenza o mancanza di fenomeni sensitivi in seguito alla eccitazione.

Ritenuto però in genere: 1.° che fibre spinali o si arrestino alle loro origini cellulari nel midollo allungato o passando pel nodo e pei peduncoli cerebellari mettano capo alle loro origini cellulari nei ganglii rispettivi; 2.° che questi centri di origine delle fibre spinali comunichino da una parte fra loro e colle origini dei nervi cranici per le rispettive azioni riflesse, dall'altra coi centri psichici, per le corrispondenti azioni volitive: crediamo semplificare l'esposizione di quanto riguarda la fisiologia del cervello, già oscura per sè e complicata dal numero e dalla varietà delle opinioni, passando succintamente in rivista i più accertati fenomeni derivanti dalla lesione e dalla eccitazione delle principali parti che compongono quest'organo ed indicando le predominanti credenze sulle loro azioni fisiologiche.

EMISFERI CEREBRALI. — L'insorgere di paralisi senso-motrice dal lato opposto a quello di un alterato corpo-striato o talamo ottico concorrerebbe, coi risultati anatomici, a dimostrare, che nella sostanza grigia di queste parti mettono probabilmente moltissime fibre spinali e che quivi trovansi quindi i centri di origine di queste fibre. Tali centri però non sarebbero i centri di volontà e di azione psicologica, poichè gli stessi effetti di paralisi hanno luogo nelle alterazioni (p. e. apoplettiche) della sostanza bianca degli emisferi cerebrali.

Or come nella sostanza bianca, formata da fibre nervose conduttrici, non si possono ammettere le azioni di un centro formato da cellule nervose eccitatrici, così, quando sia escluso che l'alterazione della sostanza bianca di un emisfero non si trasmetta indirettamente al sottoposto corpo striato o talamo ottico, dovrebbesi ritenere, che le fibre nervose conduttrici sieno state lese sul loro decorso al centro psico-volitivo, il quale non potrebbe avere altrimenti la sua sede, che nella sostanza grigia degli emisferi cerebrali. Ammettendo che dalle cellule d'origine delle fibre spinali sensitive e motrici nei corpi striati e talami ottici partano fibre cerebrali conduttrici in senso inverso della sensazione e della volontà agli organi psico-volitivi, si avrebbe spiegato, come possano andare aboliti gli effetti psichici di una sensazione ed il moto volontario, non solo per lesione dei corpi striati e dei talami ottici, ma anche per lesione della sostanza bianca degli emisferi cerebrali.

Questa interpretazione non è però intieramente convalidata dalle osservazioni patologiche, poichè se si diedero casi di alterazione degli emisferi, in cui vi aveva paralisi del lato opposto, si diedero pur casi, in cui questa paralisi mancava.

La vivisezione non apporta maggior luce. L'eccitazione elettrica

della sostanza bianca degli emisferi ha dato in genere dei risultati negativi rispetto alla insorgenza di fenomeni senso-motorii; risultati che si ebbero però anche eccitando i corpi striati e i talami ottici e che, sebbene inconcepibilmente, si hanno anche dal midollo spinale, di cui è indubitata la conduzione senso-motrice.

Negli animali a cui si esportano gli emisferi cerebrali, le azioni organiche continuano a disimpegnarsi integralmente e secondo Flourens si mantiene anche la differenza fra sonno e veglia.

Quanto alla sensazione generale ed ai sensi, così detti, specifici, Flourens distingue la sensazione dalla percezione e ritiene mantenuta la prima ed abolita la seconda in seguito alla esportazione degli emisferi. Longet, rigettando come illogica l'idea di separare la sensazione dalla percezione, ammette, con Schiff, la persistenza di tutte le sensazioni.

Per parte nostra non ci sapremmo accomodare al rigetto di una distinzione fra *sensazione* e *percezione*. Conveniamo che la sensazione esprimendo il sentire dell'*io* dovrebbe corrispondere alla percezione. In questo caso però non avrebbero abbisognato i due vocaboli, che accennano evidentemente allo svolgimento di due processi diversi: quello, cioè, per cui un organo senziente è eccitato, e quell'altro per cui questo stato di eccitazione dell'organo senziente è avvertito. Nè ci mancano esempii di questa complicazione del processo di sensazione percetta. Forti dolori ed intense preoccupazioni, ci rendono insensibili a stimoli meno intensi, come avviene, per esempio, quando nel calore della lotta non ci accorgiamo di essere stati feriti. Non vi ha ragione plausibile per ammettere che in questi casi, le fibre sensitive sieno diventate ineccitabili, od incapaci di trasmettere il loro stato di eccitazione fino ad un centro, che diciamo di *sensazione;* vi ha piuttosto ragione di ritenere, che per la forte eccitazione dell'organo percipiente, riescano su di esso inattive delle altre eccitazioni derivanti dal centro di sensazione. Alcuni vorrebbero confondere la percezione della sensazione coll'attenzione che ad essa si mette. Quest'ultima però è a nostro avviso un processo successivo e diverso da quello della percezione. Sarà avvenuto a molti, quanto a me pure, di non salutare, per preoccupazione, benemerite persone incontrate e avvertite. Qui mancano gli effetti dell'attenzione, che al postutto, quando vogliasi identificare alla percezione, schiuderebbe l'adito ad una questione di forma linguistica, anzichè di essenza fisiologica, poichè chiamisi poi attenzione o percezione, si ammetterebbe sempre la possibilità di una sensazione non sentita perchè non avvertita.

Anche lo stato di eccitazione delle fibre sensitive, che invece di

destare una sensazione percetta eccita un movimento riflesso, proverebbe la possibilità della sensazione impercetta. Ciò è tanto vero, che per darsi ragione della mancanza di sensazione percetta nei movimenti riflessi, ammisero alcuni che questi movimenti non venissero destati da ordinarie fibre sensitive, agenti piuttosto in un centro di riflessione anzichè di sensazione, ma da speciali fibre eccito-motrici. Si ritiene superflua questa creazione dicendosi, con ragione, che la sensazione non diventa tale, se non per trasformazione del movimento di eccitazione del nervo, che in fibre sensitive e motrici è sempre identico a sè, e non assume la forma di sensazione o di contrazione, se non per natura dell'organo a cui si trasmette. Ora, anche le ordinarie fibre sensitive possono agire da eccito-motrici, quando l'eccitazione invece di arrivare ad un centro di sensazione, giunge a fibre motrici per l'intermezzo di un centro di riflessione. Il movimento riflesso può insorgere adunque per opera di ordinarie fibre sensitive, capaci di destare una sensazione, senza che però vi sia realmente di mezzo una sensazione, ma soltanto uno stato di eccitazione di queste fibre. Contro quest'ultima argomentazione si potrebbe osservare, che nel movimento riflesso, destato da ordinarie fibre sensitive, riesce più facilmente spiegabile la mancanza della percezione, di quello sia la mancanza della sensazione; poichè, comunque ci rappresentiamo il decorso ed i rapporti delle fibre nei centri nervosi, troveremo più naturale il supporre, che la eccitazione trasmessa di prevalenza pel centro di riflessione, giunga debolmente ad un centro di sensazione e si spenga, per le resistenze, prima di arrivare al centro di percezione; anzichè ritenere, che anche nelle più forti stimolazioni, tutta l'eccitazione passi pel centro di riflessione, evitando affatto l'altra via al centro di sensazione.

Per noi quindi esiste la sensazione senza la percezione, esiste cioè la eccitazione trasmessa dalle fibre sensitive al loro centro d'origine, e di quivi trasmissibile per altre fibre ad un centro percettivo. L'ordinario stato di eccitazione delle fibre sensitive, appunto perchè identico allo stato di eccitazione delle fibre motrici, non è suscettibile di trasformarsi in percezione, se prima non si è modificato nel centro sensitivo. Se dunque la sensazione inchiude, come deve inchiudere il concetto del *sentire dell'io,* ed identificarsi quindi alla percezione, in allora non v'è che di cambiar nome a questo iniziale processo, per cui lo stato di eccitazione delle fibre sensitive si modifica in un centro, per modo, da poter destare un movimento di percezione.

Malgrado le indicate incertezze sulla significazione fisiologica degli emisferi cerebrali, l'andamento delle fibre, dai ganglii cerebrali

alla sostanza grigia dei medesimi, e la necessità che i centri senso-motori comunicassero con questa sostanza, che tiensi quasi indubbiamente per sede delle più elevate azioni psicologiche, autorizzano appunto ad ammettere, che dai ganglii cerebrali, o dai centri d'origine delle fibre spinali nella massa encefalica, partano fibre cerebrali alla sostanza grigia degli emisferi. Sarebbe questa la via nervosa, per cui dalla sensazione si passerebbe alla percezione, alla rappresentazione sensitiva ed al movimento volitivo, senza potersi indicare, per la difficoltà di giudicare sulla natura riflessa o volontaria dei movimenti negli animali ad esportati emisferi cerebrali, se queste azioni si svolgano tutte e sempre negli emisferi, o se le primordiali di esse, fra cui specialmente la percezione, possano anche svolgersi nel dominio dei ganglii cerebrali.

Esportando infatti gli emisferi cerebrali, specialmente negli uccelli, che più facilmente sopportano questa operazione, gli animali sopravvivono in uno stato di sopore e di ottundimento.

Se parliamo del senso tattile, li vediamo accomodarsi sui loro sostegni cilindrici, scuotere, se titillati, la cresta o destarsi dal letargo in cui giacciono, pulirsi il becco, gridare se offesi. Potendosi affermare che questi movimenti sieno volontarii, allora sarebbe accertata la persistenza della percezione e della reazione volitiva alla percezione tattile; ma potendosi anche dare che sieno riflessi, resta dubbio se lo stato di eccitazione delle fibre sensitive sia giunto fino al centro di percezione, o quanto meno, fino ad un centro di reazione volitiva. Se parliamo della visione, Flourens voleva che alla esportazione degli emisferi conseguisse la cecità e che esportandone uno solo la cecità avesse luogo dal lato opposto, benchè l'iride si mantenesse mobile alla luce. Longet invece riporta casi di vista buona nell'uomo, malgrado l'atrofia degli emisferi. Gli uccelli, a cui si esportano gli emisferi, chiudono le palpebre avvicinando un corpo ai loro occhi; mantengono mobile la pupilla; seguono coll'occhio la fiamma della candela; non mangiano qualche volta il grano accumulato intorno ad essi, mentre lo deglutiscono se venga loro introdotto in bocca; fuggono o volano se eccitati, ma danno qualche volta negli ostacoli. Tutti questi movimenti potendo essere anche semplicemente riflessi dalle eminenze quadrigemelle, in cui sembra esistere il centro di riflessione dall'ottico, specialmente sull'oculo-motore, non si potrebbe affermare che sotto queste condizioni abbia luogo realmente anche la sola percezione visiva. Quanto all'udito, l'animale si scuote e molte volte non fugge allo sparo di un'arme, ma siccome lo scuotimento (e la stessa fuga) possono essere ascritti ai movimenti riflessi, così non è accertabile che vi

abbia percezione acustica. È ancora più incerto se esportando gli emisferi, senza ledere i nervi olfattorii, permanga l'olfatto, che persisterebbe secondo Magendie, il quale fa concorrere all'olfatto anche il 5°, e sarebbe abolito secondo Flourens, il quale, contro Magendie e Longet, vorrebbe pure abolito il gusto.

Questi effetti sono interpretati da Schiff in un'altra maniera. Egli ammette la persistenza di tutte le percezioni e per mancata riflessione dall'organo percettivo al psico-volitivo, ritiene sia tolta la facoltà di rappresentare la sensazione, di giudicarla e di reagire in coerenza con movimenti volontarii. Avrebbe luogo insomma una riflessione da un centro senso-percettivo sulle fibre motrici, senza passaggio pel mancante centro psico-volitivo. Ne avverrebbe di tal guisa, che se mettiamo della coloquintide nella bocca di un animale, questi fa dei moti disgustosi e cerca svincolarsi, resistendo col tener chiusa la bocca, se tentiamo ripetere l'applicazione; esportando invece gli emisferi, i moti riflessi di disgusto hanno luogo, ma non ha luogo l'effetto della rappresentazione e del giudizio della sensazione, vale a dire la resistenza. Lo stesso avrebbe luogo per la vista. Secondo Schiff, il moto dell'iride e degli occhi che seguono la fiamma della candela e la stessa fuga sarebbero dei movimenti riflessi da un centro senso-percettivo, ma l'animale dà negli ostacoli che vede ma non sa rappresentarsi e giudicare per tali e nemmeno ha il concetto della direzione. Vede il grano, ma non lo mangia, perchè non sa rappresentarsi e giudicare che quello sia un alimento.

Per esame assoluto e comparativo delle mie ed altrui osservazioni, devo però dire, che sono troppo varii i fenomeni risultanti dalla esportazione degli emisferi cerebrali negli uccelli, perchè si sia autorizzati a conchiudere con certezza sulla intiera abolizione delle facoltà psico-volitive nei medesimi. Per quanto abbiamo detto, per esempio, sui fenomeni visivi degli animali così operati, si potrebbe anche impugnare la esistenza in essi della semplice percezione visiva, la quale però deve essere ammessa, quando l'animale becca non solo il grano, ma anche ciò che gli rassomiglia. Nè sull'assenza di questo fatto si può attendibilmente conchiudere che l'animale veda il grano, ma non lo mangi, perchè non sa rappresentarsi e giudicare che quello sia un alimento. Gli animali e lo stesso infante non giudicano che molto incompletamente il valore alimentare della sostanza, sulla guida piuttosto del gusto e dell'olfatto anzichè della vista. S'inganna il fanciullo rivestendogli di zuccaro il farmaco, e il cane mangia la segatura di legno intrisa di succo d'arrosto e rifiuta la carne macerata. Si dica lo stesso della fuga e del volo, che potranno ritenersi per semplici movi-

menti riflessi, senza compartecipazione psichica quando l'animale dà negli ostacoli; ma quando invece evita questi non solo (e ciò avviene specialmente dopo alcun tempo dall'operazione) ma anche s'arresta nel volo per adagiarsi sovra un filo teso nella stanza (come osservò Voit) allora bisogna non solo ammettere la percezione visiva, ma anche la compartecipazione psichica del giudizio sulla nemica od amica natura dei corpi, i quali, nella fuga o nel volo furono incontrati ma non urtati, a prova che la deviazione o l'adagiamento non si potrebbero eventualmente ripetere da azioni riflesse destate dall' urto.

Differenze non meno considerevoli si presentano, in quanto riguarda il lavoro psico-volitivo da sensazioni acustiche. Vidi, per esempio, dei polli restare imperterriti e nemmeno scuotersi riflessoriamente allo sparo di un'arme, il che sembrerebbe indicare che in questi casi non abbia nemmen luogo la sensazione acustica; ne vidi altri non solo scuotersi, ma fuggire ed evitare gli ostacoli, con segni però di minore spavento in confronto dei polli non operati. Qui si potrebbe già muovere dubbio sulla natura semplicemente riflessa della fuga, la quale se fosse tale dovrebbe sempre succedere, quando lo scuotimento dell'animale indicasse che ebbe luogo la sensazione. Che se al fatto della fuga aggiungiamo quello di evitare gli ostacoli, non possiamo dubitare, che nell'animale operato persista, benchè forse in minor grado, la facoltà di riferire all' esterno la sensazione e di giudicare sulla malefica natura di cause che devono essere evitate.

Ma come si spiegano dei così varii ed anche opposti effetti conseguenti alla esportazione degli emisferi cerebrali? Siccome tutti gli sperimentatori avranno curato che questi organi fossero abbastanza completamente esportati, così non siamo autorizzati ad attribuire la varietà delle risultanze ad una eventuale persistenza o mancanza d'azione di parte non escisa od escisa di emisferi, ma, a mio giudizio almeno, devesi piuttosto riferire alla varia estensione delle lesioni, che per la stessa operazione derivano alle residue parti della massa encefalica, tanto per flogosi, rammollimento e degenerazione, quanto per compressione esercitata da stravasi. Il che ove fosse, come tanto più si è autorizzati a ritenere quando vedesi l'animale acquistare col tempo, per eventuale guarigione di parti lese, delle facoltà che aveva perduto all'atto dell'operazione, si dovrebbe inferirne, che non esclusivamente nella sostanza grigia degli emisferi cerebrali degli uccelli, ma in altre parti della massa encefalica dei medesimi svolgonsi probabilmente delle azioni psico-volitive, che in animali di ordini più inferiori si presumono svolgibili anche da centri nervosi estranei alla massa encefalica.

Ad analoghi pensamenti e forse anche all'idea di Flourens, che le diverse parti della massa encefalica possano agire vicariamente, si verrebbe, considerando la varietà degli effetti che risultano, per la esportazione degli emisferi cerebrali, al moto, quando si potesse giudicare con certezza sulla natura volontaria del medesimo. Variano infatti questi effetti negli animali a seconda della classe ed anche dell'età. Esportando un lobo cerebrale nei rettili, nei pesci, negli uccelli, appena si accorge di debolezza dei movimenti da un lato. La paresi cresce nei mammiferi in ragione anche dell'età e nell'uomo una piccola lesione di un emisfero può produrre perfino la completa emiplegia, generalmente dal lato opposto. Esportando ambedue gli emisferi cerebrali negli uccelli, essi cadono tutt'a prima, per poi riaversi e stare non solo, ma incedere e volare se incitati. Volendo considerare questi movimenti come volontarii, bisognerebbe ammettere con Gall, un centro di percezione e di volontà nel mesocefalo ed anche nel nodo del cervello con Longet, che vide moti d'apparenza volontaria in mammiferi, cui aveva lasciata soltanto questa parte e che pur sopravissero per qualche ora alla operazione.

L'attribuzione data agli emisferi cerebrali di essere la prevalente sede delle azioni psicologiche così dette superiori, è in molta parte giustificata dall' anatomia comparata e dalla sperimentazione fisiologica.

L'anatomia comparata insegna, che in genere il grado d' intelligenza dei diversi animali è proporzionale allo sviluppo dei loro emisferi cerebrali. Salendo dai pesci ai mammiferi, si trova il massimo sviluppo degli emisferi cerebrali in questi ultimi, nei quali pure si osserva, in genere, mantenersi una certa proporzione fra sviluppo cerebrale ed intellettuale, per modo che, per esempio, il cervello dell'uomo presenti un massimo peso relativo al peso del corpo di 1:30 a 1:35, benchè sia ad osservarsi, che fu trovato come 1:36 nel delfino. In termini molto generali si può affermare: che anche il peso assoluto del cervello, eccettuato il delfino e l'elefante (in cui ha però un rapporto col peso del corpo di 1:500) è maggiore nell'uomo e maggiore ancora negli uomini più distinti, quali, per esempio, Cuvier, Cromwell e Byron, nei quali fu trovato rispettivamente di chil. 1,829, 2,231, 2,238. Il cervello di Gauss però non pesava che 1,492, mentre R. Wagner, che da questa indicazione, lo trovava a 1,588 in un melenso e a 1,525 in un ventenne operaio.

Questi risultati dimostrano, che se in termini generali il peso assoluto e meglio il peso relativo del cervello possono tenersi in una certa relazione collo sviluppo dell'intelligenza, non vi ha però in questo rapporto una norma fissa e nemmeno una norma prossima

di determinazione: 1.° perchè a stabilire il peso del cervello concorrono altre parti di esso, che non siano gli emisferi cerebrali. 2.° perchè a stabilire il peso degli emisferi cerebrali, come del cervello, possono concorrere altre parti normali (sviluppo di unitivo, di fibre nervose) o patologiche (trasudamenti, iperplasie) che non siano le cellule nervose e le altre parti di quella sostanza grigia degli emisferi, dalla quale soltanto anzichè dalla bianca, potrebbero svolgersi le azioni intellettive, quando queste, secondo la generale credenza dei fisiologi, emanassero realmente dagli emisferi.

Un criterio meno incerto s'avrebbe, se di questi emisferi si potesse pesare soltanto la sostanza grigia, tuttochè anche in essa entrino parti estranee a quelle, d' onde soltanto potrebbero svolgersi dalle azioni intellettive. Furono fatti tentativi di questo genere, ma sono ancora troppo rudimentali perchè possano riuscire attendibili. Epperò in mancanza di meglio, tanto vale, insieme agli altri criterii, desumere l' abbondanza della sostanza grigia sì dal suo spessore, che dalle circonvoluzioni, le quali crescendo di numero e di profondità aumentano la superficie di estensione della sostanza grigia. Perciò che spetta a questi criterii, è ben vero che le circonvoluzioni cerebrali sono nell'uomo più numerose e profonde (benchè lo siano anche negli erbivori) ma non si hanno ancora sufficenti dati per poter stabilire dei rapporti individuali fra essi e lo sviluppo intellettuale. Devesi però intravvedere la possibilità, che crescendo il numero delle circonvoluzioni, la profondità di esse e della sostanza grigia, abbia luogo un perfezionamento della intelligenza indipendentemente da peso di cervello e da ampiezza di cranio; epperò non si può escludere la eventualità di un perfezionamento cerebrale postumo al già compiuto sviluppo di quest'ultimo.

Sommando i criterii della piccolezza degli emisferi, della scarsezza e superficialità delle circonvoluzioni cerebrali, della sottigliezza e sbiaditezza dello strato corticale grigio, si avranno argomenti, quali spesso presentansi negli idioti, per giudicare sfavorevolmente dello sviluppo intellettuale.

Quanto alla sperimentazione fisiologica, abbiamo già detto, che gli animali cui si esportano gli emisferi cerebrali cadono in uno stato di sopore e di ottundimento, tuttochè non si abbiano dati per potere accertare, che sia o meno intieramente abolita la percezione e la volontà. Le osservazioni patologiche sull'uomo concorrono pure a dimostrare negli emisferi la prevalente sede dell'attività psicologica, poichè la pressione degli emisferi (per essudati) determina l'ottundimento ed anche la perdita della coscienza, mentre il deficente sviluppo o la degenerazione morbosa dei medesimi si concomita all'idiotismo.

La duplicità degli emisferi cerebrali è condizionata dalla duplicità dei nervi motori e sensitivi e dalla necessità di riferirne le azioni a corrispondenti organi psicologici, la cui azione bilaterale è resa possibile dalle commissure e specialmente da quella del corpo calloso.

L'esportazione di un solo emisfero, quando non si leda il peduncolo cerebrale, non apporta, secondo Schiff, alcuna alterazione nè ai movimenti volontarii nè alla intelligenza.

Quanto ai movimenti volontarii, le emiplegie attribuite a lesione di un emisfero nell'uomo, si devolerebbero, secondo Schiff, ad alterazione del mesocefalo. Ciò essendo proverebbe, che la eccitazione volitiva al moto può farsi (supposti sani i conduttori) per ambo i lati da un solo emisfero, come per la sostanza grigia del midollo, che può essere distrutta per metà, integra rimanendo la motilità e la sensibilità dei due lati. L'incitazione volitiva degli emisferi però non cessa per questo dall'essere crociata, per cui l'emisfero di destra mette in giuoco i movimenti di sinistra e viceversa. Ne viene, che quando colla lesione di un emisfero sia pure intaccata la conduzione nervosa, si ha la paralisi del lato opposto. Qualche rara volta però la paralisi ha luogo del lato corrispondente, per cui si è costretti ad ammettere delle anomalie anatomiche nell' incrociamento.

Quanto alla intelligenza, si conoscono casi di soldati che per ferite avevano perduto un emisfero cerebrale (Longet, Ferrus) e che non altra alterazione presentavano, se non quella di non potere lungamente insistere nel pensare. Questo fatto indicherebbe una certa alternanza nel lavoro e nel riposo degli emisferi, per cui quando ve n'ha uno solo, più presto si stanca. Di questa alternanza, forse volontariamente ottenibile, parmi ci possiamo anche in qualche modo accorgere, poichè sembra almeno di sentire la preoccupazione dell' emisfero di destra e l' alleviamento dell' emisfero di sinistra, quando ci prefiggiamo di pensare col primo di questi emisferi e viceversa.

Molti supposero e fra questi Bichat, che l'assimetria dei due emisferi andasse a scapito della intelligenza, ma lo stesso Bichat, che aveva un cervello molto assimetrico, diede un esempio del contrario.

Fin qui arriva quanto si può presumere, anzichè affermare, sull'attività degli emisferi cerebrali. Spingersi più in là e tentare di localizzare in essi i centri da cui emanano i movimenti volontarii e le diverse azioni psicologiche si ha per compito estraneo ai limiti di una severa fisiologia.

Quanto ai movimenti volontarii, Bouillaud avrebbe tentato, per esempio, di localizzare nelle parte anteriore degli emisferi il centro coordinatore dei movimenti volontarii della loquela. Senza arrenderci

a questa opinione, contraddetta in parte dai fatti patologici, si può ben presumere, che negli emisferi possano esistere distinte regioni di corrispondenza con diversi gruppi di muscoli volontarii e rispettivi movimenti, ma non è ancora determinabile quali siano queste regioni.

Si può dire lo stesso per ciò che riguarda le azioni psicologiche degli emisferi. Prescindendo dall' arbitraria determinazione di queste azioni, è ben presumibile, che quelle di esse, le quali sono realmente una emanazione primitiva dell'attività cerebrale, debbano svolgersi da peculiari regioni del cervello, che in relazione a queste attività, rappresentano l'organo rispetto alla sua azione. Ma nello stato attuale delle nostre cognizioni, venire colla frenologia ad una designazione delle diverse circoscrizioni cerebrali, è impresa estranea pur essa ai limiti di una fisiologia scientifica. L'arbitrio che regna in proposito non è soltanto relativo alla determinazione dei diversi circoli cerebrali, ma lo è pure alla generica indicazione di parti chiamate allo svolgimento di azioni complesse, quali, per esempio, le intellettuali, le affettive e le istintive, se vogliansi queste distinguere dalle seconde. Talchè prescindendo dalle opinioni che regnarono sullo svolgimento delle azioni psicologiche superiori nella ghiandola pineale (Descartes), nei corpi striati (Willis), nel corpo calloso (Lapeyronie), troviamo: che le osservazioni patologiche tanto favoriscono e contrastano l'idea di Neumann, che l' intelligenza risieda nella parte occipitale degli emisferi cerebrali, quanto favoriscono e contrastano la base del più razionale sistema di Gall, che l'intelligenza risieda nella parte anteriore degli emisferi, i sentimenti e gl'istinti nelle parti posteriori, per cui lo sviluppo loro corrisponderebbe a quello delle rispettive azioni. La non sensibile perdita di attività cerebrale in seguito alla parziale esportazione di una parte di emisfero fa credere a Flourens, che non vi sia localizzazione d'azione e che le parti restanti agiscano vicariamente alle esportate. Ciò sarebbe meno facilmente ammissibile per l'uomo, in cui l'esperienza patologica dimostra, che può aver luogo la perdita di singole facoltà. Eppure anche Schiff avrebbe osservato, che l' esportazione a fette delle parti più superficiali degli emisferi non toglie punto alla intelligenza, mentre d'altra parte Bouillaud, per esperienze ripetute con esito più incerto da Longet, vorrebbe che abbia luogo perdita d' intelligenza nei cani, cui aveva esportata la parte anteriore degli emisferi.

In favore di un sistema frenologico, l' anatomia comparata non è più eloquente della fisiologia sperimentale, poichè se dall'una parte l' ampiezza dell'angolo facciale, l'altezza e la spaziosità della fronte

dell'uomo, indiziano la portata della di lui intelligenza, non si può dire poi che questi medesimi criterii sieno applicabili agli animali. E invero, corrispondendo in essi, secondo Leuret, dietro gli occhi ciò che di massa encefalica è nell'uomo sopra gli occhi, per distinguere la porzione anteriore dalla posteriore degli emisferi, prende egli per punto di partenza il corpo calloso e viene alla generica conclusione: che toltone poche eccezioni, l'intelligenza dell'animale è maggiore collo sviluppo della porzione posteriore, conclusione questa, cui erano già arrivati Tiedemann, Spix e Neumann. Se ciò fosse, non sarebbe a meravigliare come avvenisse, che dando Leuret ad esaminare ai frenologi un cervello di can da pastore ed un cervello di pecora e dicendo loro: l'*uno conduce l'altro, indicatemi il conduttore*, tutti indicassero il cervello di pecora, il quale nella sua parte anteriore è più sviluppato che non il cervello del cane.

NODO DEL CERVELLO. — È parte inferiore del nodo del cervello, il ponte di Varolio, formato da fibre trasversali di commissura fra gli emisferi cerebellari. Longet considera la sostanza grigia del nodo del cervello come centro d'origine di fibre senso-motrici spinali e la sostanza bianca come fibre spinali che lo passano nella sua parte posteriore e centrale. Il nodo del cervello sarebbe quindi, secondo Longet: 1.° organo di passaggio di fibre spinali, specialmente motrici e crociate; 2.° organo centrale di sensibilità, specialmente generale; 3.° organo centrale di movimenti di locomozione.

Tra le fibre motrici longitudinali del nodo essendovene di tali, che si arrestano in esso, di tali altre che procedono pei peduncoli ai talami ottici, ne deriva: che la lesione del nodo determini, secondo Schiff, tanto delle alterazioni proprie, quanto delle alterazioni comuni colla lesione dei peduncoli e dei talami ottici. Alle seconde spettano, come vedremo più sotto, la torsione del capo e del collo dal lato sano, non che la deviazione degli arti anteriori. Spetta invece alle prime un deficente movimento dell'arto posteriore del lato sano, che si muove bene per fonte riflessa spinale, mentre invece per fonte cerebrale (volitiva) rimane in uno stato di semiflessione. La paresi opposta al lato leso si dovrebbe a ciò, che la decussazione delle fibre degli arti pelvici avrebbe luogo più indietro nel midollo allungato.

Quanto alla conducibilità sensoria, pare a Schiff che decorrano nel nodo i rappresentanti di tutti i nervi sensitivi, almeno delle estremità; poichè l'osservazione patologica dimostra, che le malattie del nodo del cervello sono dapprincipio accompagnate da sensazioni dolorose eccentriche negli arti.

Secondo Schiff, pel nodo del cervello passano ai peduncoli ed ai talami anche molte fibre vaso-motrici.

PEDUNCOLI CEREBRALI. — Contengono i prolungamenti delle fibre senso-motrici spinali, di cui alcune hanno quivi il loro centro di comunicazione cogli emisferi cerebrali. La loro sezione non toglie però affatto, secondo Longet, il movimento e la sensazione, perchè rimane il centro di sensibilità generale e di movimento nel nodo del cervello. Per l'animale però diventa impossibile la stazione e cade sul lato opposto a quello della lesione. Schiff considera i peduncoli cerebrali (e i talami ottici) come centro coordinatore dei movimenti degli arti toracici, d'onde il movimento di maneggio che consegue alla lesione parziale di un peduncolo.

TALAMI OTTICI. — Così detti impropriamente, perchè la cecità che accompagna di frequente gli stravasi apoplettici nei medesimi, fece credere, che fossero in relazione colla visione, la cui abolizione dipende probabilmente da pressione del sottoposto nervo ottico. Difatti, irritando i talami, la pupilla non si restringe come avviene irritando le eminenze quadrigemelle, ed esportando i talami senza ledere il nervo ottico, non solo la pupilla mantiene la sua mobilità, ma per mia esperienza mi convinsi, che l'animale ha percezione di luce, poichè si rifugia in luoghi oscuri e non urta quasi mai nei corpi circostanti.

Vuolsi invece da Longet che tanto i talami ottici, quanto i corpi striati sieno centro d'innervazione di tutti quattro gli arti, per cui l'animale cade se i due talami ottici, o i due corpi striati vengono lesi. In sostegno di questa opinione vi avrebbero le osservazioni cliniche di Andral, che vide l'emiplegia d'ambo gli arti, tanto se leso un talamo, quanto se leso un corpo striato; nel qual caso la paralisi di moto e qualche volta, ma non sempre, anche quella del senso, è sempre dal lato opposto. Molti altri e con essi Foville, Serres e Schiff vogliono invece che i talami ottici sieno centri coordinatori dei soli arti toracici. Da quest'azione che i talami condividono coi peduncoli cerebrali, Schiff ripete il movimento di maneggio o di rotazione sull'asse verticale del corpo, che si osserva negli animali in seguito alla loro lesione. Supponendo infatti che sia leso il talamo sinistro, avviene, che eccitando l'animale all'incesso, capo e collo piegano a destra e deviano invece a sinistra gli arti anteriori, per cui ad ogni tentativo di camminare il corpo è spinto a destra dagli arti anteriori ed è favorito in questo movimento dal piegamento a destra del capo e del collo. Longet conviene in genere con Schiff nello spiegare il movimento di maneggio, che vuole si compia dal lato sano, mentre invece Magendie, che già lo aveva osservato, il voleva dal lato operato. Secondo Schiff, per un progressivo andamento della decussazione delle fibre degli arti toracici

nel loro passaggio dai peduncoli ai talami, ambedue gli effetti sarebbero possibili nei mammiferi; il primo, quando la lesione cadendo al peduncolo o alla parte posteriore del talamo, per esempio, di destra, si paralizzano le non decussate fibre addutrici dell' arto toracico destro e le già decussate fibre abdutrici del sinistro, per cui nel portamento a destra degli arti toracici si manifesta la prevalenza rispettiva degli abdutori destri ed addutori sinistri: il secondo, quando cadendo la lesione alla parte anteriore del talamo, nel portamento degli arti toracici a sinistra si ha la manifestazione della prevalenza dei muscoli abdutori sinistri ed addutori destri, quindi della paralisi di non decussate fibre abdutrici destre e di decussate fibre addutrici sinistre. E notisi che questi effetti non si verificano se non quando il movimento è volontario, vale a dire quando l'animale si dispone volontariamente a camminare; mentre invece è integralmente mantenuto il movimento riflesso, come avviene del coniglio, che può riflessoriamente portare alla narice destra, stimolata colla senape, l'arto destro, tuttochè nelle lesioni posteriori del talamo destro sia stirato a destra ad ogni tentativo di movimento volontario.

Parebbe quindi che trattisi piuttosto della paralisi di fibre cerebrali anzichè di fibre spinali, per cui se ne potrebbe inferire, che ai talami ottici ed ai peduncoli accedano quelle fibre cerebrali, che destano quivi la eccitazione delle fibre spinali portanti la torsione volontaria del collo e il movimento volontario di abduzione di un arto anteriore ed adduzione dell' altro nell' incesso. Questi effetti non sono possibili nell' uomo, che incede cogli arti posteriori, nè ha luogo in lui deviazione di braccia, forse perchè la decussazione delle fibre spinali, prima ch' entrino in rapporto colle fibre cerebrali, è molto più completa, per cui ogni parte del cervello sembra innervare soltanto le fibre motrici del lato opposto.

Quando nei mammiferi la lesione del peduncolo sia molto posteriore e verso il nodo del cervello (quindi prima, forse, della decussazione) allora si ha paralisi d' ambo gli arti del lato leso ed una specie di movimento circolare da questo lato, per prevalenza dell' impulso dato nell'incesso dagli arti del lato sano.

Talami ottici e peduncoli sono insensibili. Ledendo a cranio scoperto e in seguito ad esportazione degli emisferi cerebrali, si può constatare la insensibilità, mentre insorgono, irritando, i moti degli arti anteriori e del collo, che dovranno poi colla loro deviazione indicare la paralisi delle parti lese. Ciò ha luogo ledendo od irritando profondamente i talami, mentre invece ledendoli superficialmente, si ha flessione delle dita dell'arto toracico dal lato non leso,

quale vedesi anche nell'uomo incominciare spesso con una flessione delle dita i sintomi delle paralisi cerebrali.

TALAMI OLFATTORII O CORPI STRIATI. — Astraendo dall'antica opinione, che questi organi fossero sede del senso e del moto ed origine dei nervi olfattorio ed ottico, d'onde le relative alterazioni nelle paralisi (Willis), vuolsi da Serres, che sieno il centro d'innervazione volitiva degli arti addominali, centro che vedemmo ritenersi da Longet comune a questi ed agli arti toracici nei talami ottici ed olfattorj. Secondo Schiff, i corpi striati non sono fisiologicamente distinguibili dagli emisferi cerebrali. Essi contengono le radici delle fibre agli emisferi e la loro esportazione (congiunta spesso e forse negli stessi limiti osservati pei talami ottici, alla cecità) equivalerebbe al più radicale annientamento dell'attività degli emisferi, quale si potrebbe anche ottenere, secondo Schiff, colla semplice recisione delle fibre che emanano dal margine anteriore estremo dei talami, per entrare e decorrere negli emisferi, senza esportazione di questi ultimi.

Succede spesso, che ledendo i corpi striati, l'animale corra precipitosamente in avanti, fino a battere contro un ostacolo. Questa circostanza indusse Magendie a ritenere, che nei corpi striati esista l'*organo dell' andare indietro,* mentre nel cervelletto risiederebbe l'*organo dell'andare avanti.* Normalmente le attività emananti dai due organi si bilancerebbero, ma se si toglie l'equilibrio ledendo il corpo striato, allora prevalerebbe l'azione del cervelletto e l'animale andrebbe precipitosamente in avanti. Longet nega in genere questi effetti conseguenti alla lesione dei corpi striati ed attribuisce la fuga in avanti, che qualche volta si osserva, al dolore destato per eventuale lesione di una parte sensibile, che ritiene possa essere il 5° pajo. Dello stesso avviso è Lafargue, che attribuisce l'eccesso della fuga alla cecità, e che pretende aver ottenuto gli stessi effetti accecando un coniglio e poi addolorandolo in qualsiasi maniera. Io pure ho penetrato profondamente e variamente nei corpi striati, senza che l'animale desse segno di muoversi. Una volta però mi fuggì tanto rapidamente in avanti, che precipitò dal balcone, senza però dar segno di dolore col grido. In genere ho osservato che si ottiene più facilmente la fuga, ledendo il corpo striato molto all'indietro in vicinanza al talamo ottico. Anche lo Schiff ha trovato, che in genere, ledendo i corpi striati, l'animale si mantiene passivo non solo, ma non cerca rimettersi dalle posizioni disagiate in cui lo si atteggia dopo la lesione (per esempio, appoggio del ventre sul terreno per estensione di tutte le estremità). Questa mancanza di volontario rimettersi da una posizione incomoda è propria, secondo Schiff, a tutti gli animali, cui si esportano gli

emisferi cerebrali, e nel caso di lesione dei talami, è l'effetto della intercettata comunicazione cogli stessi emisferi. Non dipende però da paralisi, ma dal non farsi un concetto dell'incomodo della posizione, poichè appena si addolori l'animale, esso dà segno di non essere paralitico, alzando gli orecchi e fuggendo fino a tanto che urtando in un ostacolo si arresta e permane immobile in quella incomoda posizione, a cui fu portato dalla natura dell'ostacolo incontrato. Come quindi all'animale così operato manca l'idea della posizione disagiata in cui si trova, così manca l'idea od il giudizio del tratto percorso nella fuga, la quale, anzichè un movimento volontario per sottrarsi al dolore, potrebbe essere considerata come un movimento riflesso, quale, con molta analogia si osserva nel soldato che marcia dormendo. Tuttochè assai lusinghiera quest'acuta spiegazione che dà lo Schiff del moto di avanzamento per lesione dei corpi striati, riteniamo, che le paralisi conseguenti, alle loro alterazioni, debbano indurre alla credenza: che non solo da essi emanino fibre agli organi psichici degli emisferi, ma che dagli stessi emisferi acceda ad essi e comunichi probabilmente nella loro sostanza cinerea colle origini delle fibre spinali un sistema trasmissore della eccitazione volontaria.

CERVELLETTO. — Il cervelletto, che secondo la maggioranza degli sperimentatori, risponde negativamente alla eccitazione, dà luogo, se leso, ad alterazione o paralisi motoria del lato opposto, a torsione laterale ed estensione con arretramento del collo, ad insorgenza di un peculiare movimento rotatorio, che vedremo più innanzi. L'esportazione di quest'organo ha per principale effetto la titubanza dei movimenti in genere e specialmente dell'incesso, che si fa vacillante ed incerto come nell'ebbro, con tendenza all'arretramento ed anche all'avanzamento, quale vide Longet nel frequente cadere all'innanzi di fanciulla, che aveva mancanza congenita del cervelletto. Secondo Renzi, la differenza starebbe nella sede della lesione, poichè ledendo la parte anteriore del cervelletto vi avrebbe tendenza al cadere all'innanzi, all'indietro invece ledendo la parte mediana e posteriore, mentre le lesioni laterali porterebbero il movimento rotatorio. Effetti meno costanti delle lesioni del cervelletto sarebbero: moti estensivi delle estremità pelviche; vomito; tremito peculiare e persistente, che qualche volta degenera in vero crampo; diminuzione della sensibilità cutanea (Renzi); disordinato movimento degli occhi e qualche volta alterazione della visione e cecità, forse attribuibile, secondo B. Séquard, a diffusione della lesione alle eminenze quadrigemelle; erezione del pene, probabilmente per pressione sul midollo allungato (Longet).

La più attendibile ipotesi emersa da tali risultanze sulla principale azione del cervelletto è quella di Flourens: che, cioè, il cervelletto sia centro di coordinazione dei movimenti volontarii e specialmente del movimento d'incesso. Secondo Andral, questa opinione è quella che è meglio confermata dalla clinica, benchè in 93 casi di malattie cerebellari da lui osservate ve ne fossero varii, nei quali non esisteva la mancanza di coordinamento. L'alterata locomozione conseguente alle malattie cerebellari è però variamente interpretata. Schiff vuole indeboliti ma non disordinati i movimenti in seguito a lesioni simmetriche bilaterali del cervelletto. Questo effetto non s'addice, secondo Schiff, ad un organo coordinante ed accenna piuttosto ad un organo, la cui lesione provoca delle anomalie laterali di moto. La patologia avrebbe infatti molti casi di malattie cerebellari senz'alterato coordinamento. Opinando Schiff, che nelle gambe del cervelletto al nodo si contengano le fibre che fissano la colonna vertebrale e che la entrata crociata di queste fibre abbia luogo nella parte profonda degli emisferi cerebellari, trova, che una lesione del cervelletto, senz' agire direttamente sul movimento, possa estendersi meccanicamente (pressione da stravaso) alle fibre provenienti dai peduncoli. Ne verrebbe, che ad ogni lesione asimmetrica patisce più o meno permanentemente la fissazione della colonna vertebrale, mentre una lesione simmetrica paralizza d'ambo i lati questa colonna, la quale non soffre più delle trazioni laterali, come nel caso precedente per prevalenza dei muscoli non paralizzati, ma solo è indebolita e non più inflessibile, per cui l' incesso viene ad essere incerto e disordinato e qualche volta con arretramento per irritazione diffusa alle fibre dei peduncoli, d'onde contrazioni spastiche negli arti anteriori, che facendo punto d'appoggio sul terreno spingono il corpo all'indietro. Questa maniera d'interpretare gli effetti delle lesioni cerebellari è pure applicata da Schiff alla spiegazione del movimento rotatorio sull' asse longitudinale del corpo, che si osserva, quando la lesione sia fatta in vicinanza ai peduncoli del cervelletto al nodo. Per tali lesioni e meglio ancora per quelle di un solo peduncolo, vedesi infatti l'animale disteso roteare sul suo asse longitudinale con tale celerità da compiere perfino 130 rotazioni al minuto. Esse dipendono, secondo Schiff, da trazione laterale della colonna vertebrale nella sua porzione compresa fra le vertebre lombari e cervicali, per cui ad ogni tentativo d' incesso, gli arti anteriori venendo tratti lateralmente dalla colonna vertebrale, l'animale si rovescia su questo lato, e tentando rialzarsi per incedere si rovescia di nuovo, dando luogo di tal guisa ad un movimento di rotazione longitudinale, che si compie sempre dal lato corrispondente a quello della torsione e quindi opposto a quello della paralisi.

Essendo ora crociata l' azione dei peduncoli cerebellari, ne dovrebbe venire, che ledendo il peduncolo di destra la paralisi avesse luogo a sinistra e quindi la rotazione costantemente a destra o dal lato della lesione, mentre invece l'osservazione dimostra, che la rotazione può aver luogo anche dal lato sano. Secondo Schiff, la differenza dipenderebbe da ciò: che quando la rotazione ha luogo dal lato della lesione, allora essa cade in vicinanza al nodo, ove si dovrebbe spiegare l' azione crociata dei peduncoli, mentre invece ledendo vicino al cervelletto si avrebbe la rotazione dal lato sano, quindi paralisi non crociata, perchè nel tratto peduncolare dal cervelletto al nodo avverrebbe un'altra decussazione, che in vero non si comprende come dopo aver prodotti effetti crociati in organo impari come il nodo, possa distruggere questi effetti in organi pari, quali sono i peduncoli. Comunque sia, lo Schiff spiega con molto acume il movimento di rotazione longitudinale e ripete la titubanza dei movimenti, non tanto da lesione del cervelletto, quanto da mancata fissazione della colonna vertebrale per paralisi delle fibre nervose dei peduncoli, indotta da diffusione meccanica della lesione cerebellare.

Qualche cosa di molto analogo al movimento di rotazione longitudinale, nell'incedere, ma molto più nel decombere, con parziale torsione della testa, fu visto anche nell'uomo per malattia del cervelletto o di organi vicini. Casi di questo genere sono citati da Longet ed uno ne descrive lo Stoll, in cui si rinvenne un ascesso in uno degli emisferi cerebellari. Come bene osserva lo Schiff, questo movimento rotatorio potrebbe vedersi anche più di frequente nell'uomo, se le relative lesioni potessero aver luogo senza pressione su altri centri motori, che portano paralisi molto più estese.

Longet, che ammette pure con Flourens la mancanza di coordinamento nelle lesioni cerebellari, considera il nodo del cervello come centro principale di eccitazione motoria. Se non che per il bisogno che hanno appunto i movimenti di essere coordinati, le fibre che trasmettono il movimento eccitante della volontà e che partono principalmente dalla sostanza grigia degli emisferi cerebrali, debbono agire sul centro coordinante cerebellare, d'onde verrebbe la eccitazione al nodo del cervello di quei sistemi di fibre, che debbono entrare in azione.

Lussana ritiene invece che il cervelletto sia centro del senso muscolare, e che il mancato coordinamento sia effetto dell' indebolimento o dell' abolizione di questo senso.

Renzi vorrebbe che il cervelletto sia organo di *attenzione sensoria* e che la sua esportazione dia luogo ad una specie di vertigine, che

sarebbe la causa del mancato coordinamento dei movimenti. L'iperestesia generale che qualche volta si osserva nelle malattie del cervelletto, potrebbe giustificare l'opinione di una concorrenza di quest'organo alle azioni sensorie, se non restasse il dubbio di una diffusione dell'alterazione ai corpi restiformi o alla sostanza grigia del midollo allungato.

La frequente presenza del priapismo nelle apoplessie cerebellari diede luogo all'opinione, sostenuta specialmente da Gall, che il cervelletto sia organo dell' amor fisico e dell' istinto di propagazione. Serres riduce quest' azione al lobo mediano, per la quivi frequente presenza dei focolai apopletici. Tuttochè la permanenza di alcuni indizii istintivi negli uccelli privati degli emisferi cerebrali, non escluda affatto la supposizione, che il cervelletto possa essere implicato negli istinti, Andral riconosce clinicamente che l'erezione è dovuta a diffusione della lesione al midollo allungato. Alessandrina Labrosse, che secondo Combette aveva una mancanza congenita del cervelletto, era mansturbatrice ad 11 anni, e non aveva alcuna alterazione di movimento volontario ed involontario, se si eccettui una incertezza d'incesso.

Opinioni più antiche e meno accreditate sull'azione del cervelletto sarebbero:

1.° Che sia sede della memoria e delle facoltà intellettuali, contro le risultanze cliniche di Andral, che nella maggior parte dei casi di malattie cerebellari trovò inalterate queste facoltà, le quali però si mantennero pur tali in varii casi di malattie degli emisferi cerebrali.

2.° Che presieda ai movimenti involontarii ed alle azioni della vita organica, per la via dei vaghi (Willis); opinione contraddetta dalla sperimentazione e dalla osservazione patologica, le quali dimostrano che nella lesione e nelle malattie del cervelletto non vi ha nè lesione dei movimenti involontarii (specialmente respiratorii) nè delle azioni di nutrizione. Willis voleva pure che il cervelletto accogliesse le impressioni acustiche, le quali, come tutte le altre sensazioni, si elaborerebbero poi nei corpi striati; ma la perdita dell'udito è assai rara nelle affezioni del cervelletto.

Parlando dei corpi striati abbiamo accennato alla credenza di Magendie, che il cervelletto fosse l'organo dell' *andare avanti.*

La varietà delle opinioni espresse e parzialmente per noi indicate sull'azione del cervelletto dimostra il bisogno in cui siamo che venga meglio cerziorata la fisiologia di quest'organo. In attesa di questo crediamo più utile riassumere i seguenti dati clinici ed anatomo-patologici.

1.° Le lesioni del cervelletto, come quelle degli emisferi, producono generalmente l'emiplegia del lato opposto; raramente quella del lato corrispondente; più raramente ancora non producono emiplegia.

2.° Nei casi di alterazione organica del cervello e del cervelletto, essa è sempre crociata nel senso, che si altera l' emisfero cerebrale di un lato e il cerebellare dell'altro (Turner).

3.° In questi casi di alterazione crociata, l'emiplegia è sempre dal lato opposto a quello dell'alterato emisfero cerebrale (Andral).

PEDUNCOLI CEREBELLARI AL NODO. — Ledendo lateralmente il ponte di Varolio ed i peduncoli cerebellari al nodo (considerati generalmente come vie di passaggio di una porzione delle colonne antero-laterali del midollo) si determina la stessa rotazione sull'asse longitudinale, osservata nelle lesioni cerebellari. Longet crede che a questa rotazione possa pur concorrere lo strabismo indotto dalla posizione forzata della testa e le conseguenti vertigini.

PEDUNCOLI CEREBELLARI AL MIDOLLO ALLUNGATO O CORPI RESTIFORMI. — Ledendo questi corpi, che alcuni considerano come continuazione delle colonne posteriori al cervelletto, altri come provenienze cerebellari formanti commissura nel midollo allungato, si avrebbe, secondo Rolando e Magendie, piegamento della testa sul tronco, mentre Flourens vorrebbe aver rimarcato l'incesso all'indietro. Longet fa dipendere questi fenomeni da contemporanea lesione delle colonne laterali e sebbene ammetta che alla lesione dei corpi restiformi consegua un indebolimento di moto, pure li vuole sensitivi e conduttori d'impressioni tattili.

PEDUNCOLI CEREBELLARI ALLE EMINENZE QUADRIGEMELLE. — Considerati da Longet come principalmente formati dalla continuazione di una parte delle colonne posteriori, che passato il nodo e formato il tegmento, si applicherebbero quindi alla formazione di questi peduncoli, cagionano dolore se irritati ed agirebbero trasmettendo impressioni sensitive ai ganglii cefalici posti al davanti del cervelletto.

EMINENZE QUADRIGEMELLE. — Si considerano generalmente come il centro del senso visivo, per cui prendono anche il nome di *lobi ottici* in quelli animali (uccelli, pesci e rettili) nei quali vedonsi allo scoperto fra il cervello e il cervelletto, per deficente sviluppo posteriore degli emisferi cerebrali. Fibre dalle eminenze quadrigemelle trasmetterebbero per la via dei talami ottici la sensazione agli emisferi, ove sarebbe rappresentata e giudicata. A questo proposito però, debbo, per mia osservazione, soggiungere, che il pollo giudica assai bene dopo pochi giorni dalla operazione, le sensazioni visive, evitando gli ostacoli, anche quando gli emisferi cerebrali sono integralmente esportati. Dall'ammessa decussazione delle fibre dell'ottico nei mammiferi e negli uccelli, deriva l'azione crociata delle eminenze quadrigemelle, per cui si accieca l'occhio opposto all'eminenza lesa o si atrofizza l'eminenza opposta all'occhio acciecato.

Le eminenze quadrigemelle sono pur centro di riflessione dell'ottico sull'oculo-motore, d'onde i movimenti dell'iride e quelli del bulbo, che si coordinano colla mimica facciale. Questi movimenti dell'iride e del bulbo si determinano maggiormente colla irritazione delle eminenze posteriori, per cui pare che sieno le anteriori quelle,

che sono prevalentemente applicate alla sensazione visiva. L'iride d'ambo gli occhi si restringe eccitando una sola eminenza quadrigemella.

Ledendo profondamente le eminenze quadrigemelle si eccitano dei moti prevalenti dal lato opposto a quello della lesione. Per questo fatto Longet riconosce nella parte profonda delle eminenze quadrigemelle un centro motorio di comunicazione con una parte delle fibre delle colonne anteriori. Flourens osservò, che ledendo, invece superficialmente le eminenze quadrigemelle, l'animale rotea la testa dal lato operato, se mammifero od uccello; dal lato sano invece, se rana. Longet attribuisce questo effetto alla cecità che si determina negli omonimi lati, affermando egli che si ottiene un risultato identico se si esporta un occhio ad un animale. Penetrando assai profondamente nelle eminenze quadrigemelle, allora si ledono i peduncoli cerebrali e si ha il movimento di maneggio.

La lesione delle eminenze quadrigemelle desta pur segni di dolore, senza che siasi determinato se vi abbiano in esse dei centri di sensazione o se i corrispondenti fenomeni dipendano da transitanti fibre sensitive.

Meritano appena menzione le strane e svariate opinioni, che si professarono sull'azione di altre parti meno conosciute della massa encefalica. La *ghiandola pineale*, che Galeno paragonava ad un tappo destinato a lasciar sfuggire lo spirito vitale accumulato nel 4.° ventricolo, sarebbe un tampone destinato ad aprire e chiudere l'acquedotto di Silvio secondo Magendie, sarebbe invece la sede degli spiriti secondo Descart, il trono dell'anima secondo altri. Questa dignità spetterebbe invece, secondo Lapeyronie, al corpo calloso, alla cui lesione conseguirebbe il letargo secondo Louis, Chopart, Saucerotte, contro Longet, Lorry, Flourens, Magendie, e Serres. Treviranus e molti moderni riguardano invece il corpo calloso come commissura fra i due emisferi e causa quindi dell'unità d'azione intellettuale. Reyl, Solly, Paget osservarono la sua mancanza senza danno della percezione e dei movimenti volontarii. Chopart vuole invece che la sua mancanza induca la perdita della ragione. Sono egualmente sconosciute le azioni della volta a tre pilastri e del setto lucido. Galeno e Vesalio volevano i ventricoli cerebrali sede dell'anima e della sensazione degli odori, che per la cribrosa dell'etmoide passerebbero ai ventricoli. Willis li vuole destinati ad accogliere gli umori del cervello. Longet ad offrire superficie per la distribuzione della pia madre e dei vasi. Dalla comunanza d'origine e di sviluppo del nervo olfattorio e delle corna d'Ammone, Treviranus desunse la probabile loro compartecipazione alla parte psicologica della sensazione olfattoria e quindi forse alla reminiscenza degli odori. Cruveillier però fa osservare, che questa facoltà è poco sviluppata nel lepre, che ha invece sviluppatissime le corna d'Ammone. Foville vorrebbe che fossero il centro motore della lingua, ma Longet osserva, darsi numerosissimi casi di paralisi della lingua, senza lesione delle corna.

La ghiandola pituitaria, che Galeno e Vesalio paragonavano ad una spugna che assorbe ed esterna gli umori, che Willis e Wieusseus consideravano come organo ghiandolare, che Tiedemann riteneva ganglio del gran simpatico, non altro sarebbe, secondo gli odierni istologi, che un ultimo vestigio della superiore chiusura dell'intestino primitivo.

In ordine all'argomento trattato in questo § crediamo opportuno riassumere brevemente le vedute di Longet, le quali del resto non dissentono gran fatto dalle opinioni esposte con maggior diffusione nel corso del § stesso.

Vi hanno nella massa encefalica:

1.° Fibre motrici e sensitive di nervi cranici e spinali.

2.° Centri di eccitazione motoria e sensitiva (centri di riflessione eccito-motrice).

3.° Fibre che trasmettono la volontà ai centri motorii, la sensibilità ai centri psicologici.

Si avranno quindi fenomeni di sensibilità e di motilità eccitando le fibre al N. 1 e i centri al N. 2: mancheranno questi fenomeni eccitando le fibre al N. 3.

Longet riscontra nella massa encefalica i seguenti centri di motilità:

1.° La parte profonda delle eminenze quadrigemelle. 2.° La parte interna del nodo del cervello. 3° La parte anteriore del midollo allungato. 4° La porzione inferiore delle gambe del cervello al disotto del tegmento.

Per tutti questi centri ammette che la eccitabilitá motoria possa dipendere dalle fibre delle colonne anteriori, con cui essi centri si troverebbero in comunicazione e dubita quindi che la ineccitabilità motoria dei talami ottici ed olfattorii, degli emisferi cerebrali e del cervelletto dipenda dall'esservi in queste parti delle fibre cerebrali volitive, anzichè delle fibre spinali motrici.

Per ciò che riguarda i centri di sensazione, trova insensibili gli emisferi cerebrali, i talami ottici, i corpi striati, il cervelletto; e trova invece sensibili: 1.° La parte interna delle eminenze quadrigemelle. 2.° La superficie posteriore del nodo del cervello e del midollo allungato.

Ne conchiude, che l'eccitabilità senso-motoria nei ganglii cerebrali che ne sono dotati (midollo allungato, nodo, eminenze quadrigemelle) è senza dubbio dovuta alle fibre senso-motrici inviatevi dal midollo spinale; che queste fibre, la cui eccitabilità senso-motoria è tanto apprezzabile nei ganglii suddetti, perdono questa proprietà al loro continuarsi in fibre cerebrali nello spessore degli emisferi cerebrali, del cervelletto, dei talami ottici ed olfattorii.

Concesso il disimpegno delle più elevate azioni psicologiche agli emisferi cerebrali, il graduato riaversi degli animali in seguito alla loro esportazione e il dar segni non dubbii di sensibilità generale e specifica, fa credere a Longet, che nel nodo del cervello (nel midollo allungato secondo altri) vi abbia il centro percettivo, negli emisferi cerebrali il centro intellettivo e volitivo. Ad onta di questo però considera sempre gli emisferi cerebrali come l'organo essenzialmente elaboratore, in cui le sensazioni, specialmente tattili, sono apprezzate nel loro giusto valore.

Ma il nodo del cervello è pure, secondo Longet, precipuo centro eccito-

motore, in cui le fibre motorie spinali sono eccitate dalla volontà trasmessavi per fibre cerebrali. Come però i movimenti per questa guisa destati nei centri eccito-motori hanno bisogno di essere coordinati, vi avrebbe nel cervelletto un tale precipuo centro di coordinamento, per cui la eccitazione volitiva si trasmetterebbe a quest'organo, d'onde verrebbe al nodo una eccitazione coordinata al movimento che si vuole ottenere.

Longet però ammette pure la facoltà coordinatrice nelle eminenze quadrigemelle, nel cervello propriamente detto, non che nei talami ottici, che determinerebbero la contrazione coordinata volontaria dei membri toracici, e nei corpi striati, che indurrebbero quella degli arti addominali.

È ben inteso che dalle or descritte modalità di eccitazione vanno esclusi il movimento respiratorio nella sua parte non volitiva, il movimento circolatorio e tutti gli altri, che, come questi, sono sotto la dipendenza del midollo allungato.

Fra l'aracnoide e la pia madre v'hanno all'incirca 60 grammi di *liquido cefalo-rachidiano,* primamente scoperto da Cotunnio, poi studiato principalmente da Haller e Magendie. Questo liquido, oltre al rivestire tutta la esterna superficie cefalo-spinale, s'insinua pel calamo nei ventricoli e nel canal centrale.

Il liquido cefalo-rachidiano fluisce dal cranio allo speco e viceversa, in tempi non peranco determinati. Secondo gli uni fluirebbe allo speco nella inspirazione, rifluirebbe al cervello nella espirazione, pel motivo che le compressibili vene dello speco, potrebbero subire la coartazione inspiratoria ed amplificare di tal guisa lo spazio vertebrale, mentre invece tale effetto non potrebbero indurre nella cavità cranica gl'incompressibili seni venosi. Secondo altri invece, il liquido cefalo-rachidiano fluirebbe allo speco nella espirazione e nella diastole, perchè la cavità cranica non si può amplificare in presenza del riflusso venoso espiratorio e dell'afflusso arterioso sistolico, mentre invece la cavità vertebrale, già ampia per sè e per le sue cartilagini amplificabile, può ricettare l'eccesso di questo liquido e rifluirlo alla cavità cranica negli opposti tempi della inspirazione e della diastole.

La quantità del liquido cefalo-rachidiano cresce col diminuire del volume del cervello; quindi, per esempio, nell'atrofia cerebrale senile.

Si volle che il liquido cefalo-rachidiano favorisse i movimenti, poichè levandolo dallo spazio occipito-atlantoideo l'animale fa dei movimenti disordinati. Longet però ottenne istessamente questi movimenti disordinati, mettendo soltanto allo scoperto lo spazio occipito-atlantoideo senza sottrarre il liquido, mentre non li ebbe sottraendo il liquido mediante apertura inferiore dello speco. Egli attribuisce il disordine dei movimenti alla forzata flessione dell'occipite sull'atlante, per cui si determina uno stiramento di tutti i peduncoli cerebellari e quindi del cervelletto, che sarebbe, secondo lui, il centro del coordinamento.

Più probabilmente il liquido cefalo-rachidiano, colla sua presenza e meglio ancora colla sua mobilità, neutralizza le dannose variazioni di pressione cui il cervello andrebbe soggetto per azione cardiaca e respiratoria.

Nelle ferite o piaghe penetranti del cranio, e traverso le fontanelle dell'infante, vedesi il cervello dominato da un movimento di ascesa o di turgescenza espiratoria ed anche sistolica, di discesa o di avvizzimento inspi-

ratorio ed anche diastolico. Longet ammette, che questo movimento, il quale non dev'essere considerato quale un movimento di locomozione del cervello, ma quale una semplice espressione di un'alterna replezione e deplezione de' suoi vasi, sia possibile soltanto nelle indicate contingenze di ferite o fontanelle, poichè in allora soltanto, per la espansibilità di una parte della parete cranica, diventa possibile una variazione di volume del suo contenuto. In caso diverso il riflusso sanguigno espiratorio nelle vene e l'afflusso sistolico nelle arterie possono bensì indurre nel contenuto cranico variazioni di massa, ma non di volume, epperò resta esclusa la possibilità di movimenti, che sono appunto dovuti a variazioni di quest'ultimo.

Crediamo conveniente di dare qualche generale indicazione sul modo di ottenere nel coniglio la lesione di alcune fra le parti principali della massa encefalica, senza scopertura di essa.

I *corpi striati* si possono offendere passando il cranio nello spazio limitato anteriormente da una linea che riunisce le orbite alla loro metà, posteriormente da una linea che le riunisce al loro limite posteriore. Si può anche spingersi più all'indietro, ma il meglio è di tenere il punto centrale di uno spazio limitato dalla linea mediana e dal margine laterale dell'orbita, non che dalle due anzidette linee di congiunzione dei margini orbitali antero-posteriori.

Per ledere i *talami ottici* si tracci una linea che congiunga i punti mediani di due rette tese dal margine posteriore dell'orbita al margine anteriore del meato uditorio esterno. Su questa linea si ledono i talami ottici penetrando nel cranio anche a soli tre o quattro millimetri dalla linea mediana, perchè quivi sono essi assai convergenti.

Un po' all'indietro della linea precedente e vicino a quella di congiunzione dei diametri verticali dei meati uditorii esterni, trapassando verticalmente il cranio sulla linea mediana, si ledono le *eminenze quadrigemelle anteriori;* tre o quattro millimetri più indietro le *posteriori.*

Per ledere il *calamo* si penetra orizzontalmente nel punto mediano della linea di congiunzione del margine posteriore dei meati uditorii esterni.

Penetrando un po' all'indietro della linea di congiunzione dei loro diametri verticali, si cade sul *cervelletto,* per la cui scopertura bisogna appunto lavorare fra i meati uditorii esterni.

Per la lesione dei *peduncoli cerebrali* si può procedere come per quella delle eminenze quadrigemelle, ovvero, con Longet, come per la lesione intracranica del 5.° pajo (§ 18 III), solo che l'istromento viene spinto più profondamente, più avanti e più in alto.

Dei diversi *processi cerebellari,* quelli alle eminenze quadrigemelle non si possono ledere, senza contemporanea lesione di queste e del cervelletto. Per questa lesione è del resto preferibile la scopertura.

Pei corpi restiformi si procede come pel calamo, colla sola avvertenza di agire piuttosto lateralmente anzichè sulla linea mediana. Tenendo la stessa avvertenza e penetrando qualche millimetro più in alto si possono ledere i processi cerebellari al nodo.

Nella esportazione degli emisferi cerebrali, il maggior pericolo è quello che l'animale (specialmente se volatile) soccomba per emorragia: A menomare il pericolo bisogna evitare l'asciugamento del sangue ed operare con prestezza. Io soglio fare un taglio longitudinale dei tegumenti; una

incisione circolare del cranio con piccola tenaglia, poi l'elevazione e l'esportazione della lamina cranica isolata dall'incisione. Recise quindi le aderenze anteriori degli emisferi, li sollevo dall'avanti all'indietro, finchè incontrato il nodo, recido dal basso all'alto la elevata massa e la esporto. Cucendo quindi i tegumenti, il sangue che non può fluire dalla svuotata cavità cranica e che quivi coagula, pone esso stesso un freno alla emorragia. Se l'animale sopravvive, come spesso avviene, per qualche tempo a questa operazione, si vede, che alla esportata lamina ossea si sostituisce un assai robusto e resistente tessuto fibroso di nuova formazione.

CAPITOLO SECONDO.

NERVI CRANIO-SPINALI

§ 12. *Divisione generale.*

Dal centro cerebro-spinale prendono origine e dipartono i nervi *cerebrali* e *spinali*. Siccome però alcuni dei nervi cerebrali, derivanti dal midollo allungato, spingono le loro origini nel dominio del midollo spinale (accessorio), così è preferibile per essi la denominazione di nervi *cranici*, esprimente il carattere a tutti comune di uscire, cioè, dai fori del cranio per distribuirsi alla periferia.

Come pei nervi spinali vi hanno radici motorie e sensitive, che fuori del loro tratto di decorso centrale si uniscono poi a formare dei nervi spinali misti, così i nervi cranici sono in origine sensitivi o motori, e possono quindi dar luogo a dei nervi misti, in quanto nel loro tratto di decorso centrale, o fuori di esso, si anastomizzano le loro origini, che rappresentano in certa guisa le radici spinali.

Mentre però i nervi motori cranici, sono in genere equiparabili alle radici motorie spinali rispetto agli effetti di contrazione che inducono nei muscoli volontarii, avviene invece, che dai nervi cranici sensitivi emanino effetti di sensibilità più svariati, che non dai sensitivi nervi spinali. Dovunque infatti avvenga distribuzione di questi ultimi, si hanno azioni di sensibilità termica e tattile, o di sensibilità generale nel dolore. Queste azioni svolgonsi pure laddove si distribuiscono alcuni dei nervi cranici sensitivi, mentre invece mancano nel dominio di altri, pei quali si modificano in azioni di sensibilità olfattoria, visiva, acustica, gustatoria.

Come però il movimento molecolare di eccitazione in nervi sensitivi e motori è sempre eguale a sè stesso e si trasmette in opposte direzioni, destando effetti periferici di moto o centrali di senso a norma che il nervo mette perifericamente ad un organo capace di contrazione, o centralmente ad un organo capace di sensazione, così avviene pei nervi sensitivi, che il movimento molecolare d'ec-

citazione sia eguale in tutti, e che la qualità della sensazione piuttosto tattile, che visiva od acustica dipenda soltanto dalla natura dell'organo centrale, cui la eccitazione è trasmessa. Gli è perciò, che teniamo in sè stessa poco appropriata la denominazione data di *nervi specifici* all' olfattorio, all' ottico, all' acustico, al gustatorio, nulla avendo di specifico nella loro azione questi nervi, e dipendendo dal modo di agire dei loro organi centrali la qualità della sensazione, la quale, non ha ragione di essere considerata più specifica di quello il sieno le sensazioni destate dai nervi tattili. Se una tale distinzione può convenire in linguaggio convenzionale, essa non conviene in linguaggio scientifico, perchè altera il concetto generale che la fisiologia deve farsi delle azioni nervose. La specificità delle azioni sensitive è certo ammissibile nel senso che i nervi sensitivi rispondono ad ogni maniera di stimolo con una determinata sensazione, talchè, per esempio, il nervo ottico ed acustico rispondono con una sensazione di luce o di suono anche alle eccitazioni elettriche, le quali invece determinano pei nervi tattili una sensazione corrispondente. Ma una specificità presa in questo senso, oltre all'essere propria a tutte le azioni sensitive, non è riferibile ai nervi, ma agli organi centrali cui essi mettono, a tal punto, che un nervo sensitivo, come il linguale del quinto, potrebbe agire da nervo motore, quando il suo moncone periferico faccia coalito col moncone centrale dell'ipoglosso. Philippeaux, Vulpian e Rosenthal vorrebbero infatti aver ottenuto contrazioni della lingua eccitando il moncone centrale dell' ipoglosso, che aveva fatto coalito col moncone periferico del linguale.

Queste considerazioni relative alla specificità d'azione dei nervi, non tolgono che alcuni dei nervi specifici, come l'olfattorio, e forse l'ottico, abbiano dei caratteri speciali, sia per la loro origine in altre parti più o meno lontane dalle dipendenze del midollo allungato, d'onde sembrano invece emanare la maggior parte dei nervi tattili, sia pel loro decorso isolato senza dare o ricevere anastomosi con altri nervi.

Come però questi caratteri non escludono punto la identità virtuale dei nervi sensitivi, così, riservandoci di parlare più innanzi dei nervi spinali, trattiamo ora dei cranici, non ommettendo d'annoverarvi anche i così detti nervi specifici, salvo poi a considerare questi ultimi, coi nervi tattili, nelle azioni sensitive che ne derivano.

I. Nervi cranici.

§ 13. *Cognizioni generali.*

I nervi cranici risultano da 12 paja, che si numerano, in ordine alla loro origine apparente dalla massa encefalica, dall'avanti all'indietro.

È *origine apparente* quella, per cui un nervo, dopo avere terminato il tratto centrale del suo decorso, appare alla superficie di una massa nervosa, per cominciare il tratto mediano del medesimo. È invece *origine vera* la derivazione delle fibre di un nervo dalle loro cellule in grembo alle masse nervose.

Si dà che un nervo abbia varie origini vere ed una sola origine apparente, perchè le sue fibre, che derivano da gruppi cellulari dispersi nella massa nervosa, convergono ed appajono in un sol punto della sua superficie. Tuttochè invece si dia che un nervo risulti da varie origini apparenti, è assai più difficile e non si dà, se non forse pei nervi gangliari, che vi corrisponda una origine vera concentrata in un solo gruppo di cellule nervose.

Dicemmo che i nervi cranici tattili e motorii sono paragonabili alle radici spinali che confluiscono a formare un nervo misto. Così, a mo' d'esempio, la piccola porzione del 5.° pajo rappresenterebbe in certa guisa la radice motrice della 3.ª branca sensitiva del medesimo nervo. L'analogia è ancor meglio avvalorata dalla circostanza, che a guisa delle radici posteriori sensitive dei nervi spinali, i nervi tattili cranici presentano dei ganglii, in cui entrano pure, come nei ganglii spinali, dei filamenti motorii e gangliari. Astraendo però dai così detti nervi specifici, scevri in genere di anastomosi, differiscono i nervi cranici dagli spinali: 1.° perchè alcuni nervi cranici sono già misti alla loro origine apparente per convergenza dai loro tratti centrali di fibre motrici e sensitive: 2.° perchè alcuni altri si mantengono puramente motori o sensitivi, o quanto meno non diventano misti, se non dopo un più o meno lungo decorso del loro tratto mediano. Così, per esempio, il 7.° pajo, che si ritiene essere un nervo puramente motore alla sua origine, non incomincerebbe a diventare nervo misto, se non dopo avere ricevuto nel canale di Fallopio filamenti sensitivi, forse dai petrosi, certo dall'auricolare del vago, a meno che non si ammetta con alcuni, che la sua radice sensitiva sia rappresentata dall'intermediario di Wrisberg, che formerebbe il ganglio genicolato.

Benchè non sia un carattere distintivo dei nervi cranici, pure, trattando di essi, dobbiamo avvertire:

1.° Che oltre a fibre motrici e sensitive, possono contenere e contengono anche delle fibre trofiche, la cui presenza si desume dalle alterazioni nutritive che si provocano in una parte, recidendone il nervo. A norma che si ritiene indiretta, diretta o mista l'azione trofica di queste fibre (§ 27 I), si dovranno esse ascrivere all'ordine delle fibre motrici o considerarle come speciali fibre nutritive.

2.° Che oltre a fibre motrici, capaci quindi di destare la contrazione, pare che i nervi cranici possano anche contenere delle fibre capaci di moderarla o impedirla. Tuttochè non sia ancora del tutto chiarito questo controverso argomento, pure interpretando nel modo più semplice i più evidenti fenomeni di rarefazione ed arresto delle contrazioni del cuore sotto la eccitazione dei vaghi, dovremmo dire che vi hanno fibre nervose moderatrici dell' azione automatica (ammessa tale quella del cuore) come ve ne hanno indubbiamente di moderatrici dell' azione riflessa.

§ 14. *I Pajo — Nervo olfattorio.*

Sorto forse dai corpi striati e dalla commisura anteriore, appare al trigono olfattorio con tre radichette raccoglientisi in un nervo laminare, poi triquetro, che forma il *tratto olfattorio,* per quindi convergere in un solco dei lobi anteriori con quello del lato opposto, formare sulla lamina cribrosa dell' etmoide il bulbo olfattorio, da cui partono i filamenti che attraverso questa lamina si distribuiscono alla regione olfattoria della mucosa delle narici. Il *bulbo olfattorio,* che in molti animali si eleva alle dimensioni di *lobo olfattorio,* presenta una cavità centrale, che alcuni considerano quale una propagine del corrispondente ventricolo laterale, ed una sostanza bianca, esternamente rivestita da grigia. Per tale disposizione inclinasi a ritenere il tratto olfattorio come formato da fibre cerebrali, che da centri psichici e da centri di riflessione metterebbero al bulbo olfattorio, dalle cui cellule nervose soltanto partirebbero le fibre olfattorie.

Tuttochè Bernard trovasse permanente l' olfatto in un caso di mancanza dei bulbi e nervi olfattorii, si considerano questi come i nervi delle sensazioni d'odore. Magendie stesso che credeva sussidiato l'olfattorio dal 5°, trovò che tagliando i filamenti dell'olfattorio alla lamina cribrosa nei cani, essi non più riconoscevano il cibo che lor davasi avvolto in carta, e spesso non distinguevano fra due involti di formaggio e di legno. Biffi, recidendo il tratto olfattorio nei

cani neonati, osservò che fino a tanto che rimanevano ciechi, trovavano assai difficilmente la mammella. Casi patologici di Longet dimostrano, che ove non fuvvi in vita olfatto, mancavano i bulbi olfattorii. La compartecipazione del 5° alla sensazione olfattoria non è per nulla dimostrata e forse questo nervo limitasi puramente a dare quelle sensazioni tattili (acri, piccanti, mordaci) che alcune sostanze odorose (come, per esempio, l'ammoniaca) determinano, per l'azione che spiegano sulla mucosa olfattoria.

§ 15. *II Pajo — Nervo ottico.*

Dai corpi genicolati, dalle eminenze quadrigemelle e dai talami ottici formasi un laminare *tratto ottico,* che dopo avere circondato il peduncolo cerebrale, converge con quello del lato opposto per formare all'infundibolo il *chiasma,* d'onde i due nervi, arrotondatisi, divergono per entrare nell'orbita dal foro ottico e giungere, circondati dall'adipe che riempie lo spazio fra i muscoli retti, al bulbo, di cui trapassano la schlerotica e la coroidea per espandersi nella retina. Dal foro ottico li accompagna la dura madre, che s' immedesima alla schlerotica.

Nel chiasma ha luogo una parziale decussazione delle fibre più interne degli ottici. Questa decussazione si completerebbe, secondo Schiff, nelle eminenze quadrigemelle, per cui ledendo quelle di un lato si accieca l' occhio del lato opposto ed acciecando l' occhio di un lato si atrofizzano le opposte eminenze. In questa atrofizzazione centrale, anzichè ad inerzia del nervo, Schiff attribuisce molta parte d' influenza alla lesione della retina, che potrebbe agire come centro trofico.

Pare che le fibre ottiche dai corpi genicolati si continuino alle eminenze quadrigemelle, nelle quali non è dimostrato se avvenga la sensazione luminosa, mentre è certo che vi avviene la riflessione sull'oculo-motore, per anastomosi delle ripettive cellule d'origine ai lati dell'aquedotto, dai quali e dalla volta dell'aquedotto stesso Rusconi ed altri derivano nella rana le bine origini dell' ottico. La duplice decussazione che subirebbero le fibre incrociantisi alle eminenze quadrigemelle ed al chiasma spiegherebbe come avvenga, che la eccitazione di un solo nervo ottico si trasmetta riflessoriamente ai due oculo-motori con stringimento di ambo le pupille.

Ove fosse, quanto opinasi da alcuni, che la sensazione luminosa venga trasmessa agli organi psichici negli emisferi dalle fibre derivanti ad essi dai talami ottici, o bisognerebbe ammettere che quivi sia l'organo di sensazione e nelle eminenze quadrigemelle quello

di riflessione, ovvero, e specialmente per la cecità che s' induce ledendo le eminenze quadrigemelle, bisognerebbe ritenere in continuazione con queste ultime le fibre dai talami ottici agli omonimi nervi ed originariamente derivanti dalle eminenze e passanti pei talami le fibre agli emisferi. La coesistenza delle degenerazioni dei nervi ottici, dei corpi genicolati, delle eminenze quadrigemelle e dei talami ottici, parla in favore di queste comunicazioni.

Oltre ad una parziale decussazione delle fibre ottiche nel chiasma, pur confermata dalla diffusione delle alterazioni patologiche, ha luogo in esso una commissura anteriore o retinica per fibre che dall'una retina, raccogliendosi nel corrispondente nervo ottico, s'incurvano all'angolo anteriore del chiasma e passano all'altra retina; ed una commissura posteriore per fibre, che dalle origini dell'ottico dell'un lato, s'incurvano nell'angolo posteriore del chiasma, per passare alle origini dell'ottico opposto.

È indubitato che il secondo pajo è l'unico nervo per le sensazioni di visione. Le sensazioni luminose che si hanno all'atto del taglio del nervo ottico ed anche dopo e fino a tanto che il suo moncone centrale non sia degenerato, sono effetto di trasmissione all'organo centrale di sensazione, della eccitazione, che in esso moncone ridestano il taglio e il successivo afflusso sanguigno.

§ 16. *III Pajo — Nervo Oculo-motore.*

È ancora dubbio se sia puramente motorio, o se dalla sua origine vera ritragga pur anco delle fibre sensitive. Questa origine è rappresentata da un nucleo di sostanza grigia, che trovasi al pavimento dell'aquedotto di Silvio, lungo la continuazione delle colonne anteriori nel midollo allungato. Alcuni però (Jacubowitsch e Owsjanvikow) distinguono un secondo nucleo di origine dell'oculo-motore, al dintorno dell'aquedotto nelle eminenze quadrigemelle, il quale sarebbe composto di cellule nervose più piccole e quindi, secondo essi, sensitive.

L'origine apparente di questo nervo è alla parte interna dei peduncoli cerebrali, d'onde, procedendo all'avanti ed all'esterno, entra nello spessore della parete superiore del seno cavernoso, per quivi anastomizzarsi col plesso gangliare della carotide interna e colla prima branca del 5°, secondo Longet. Entra quindi nell'orbita per la fessura orbitale superiore, diviso in due rami, dei quali il superiore va al retto superiore e all'elevatore della palpebra superiore; l'inferiore ai retti interno ed inferiore, ed all'obliquo inferiore. Da quest'ultimo ramo parte la radice motoria al ganglio ciliare,

d'onde i nervi ciliari, con fibre motrici pei muscoli interni del bulbo (iride, tensore).

La fisiologia non ha potuto ancora accertare se questo nervo sia originariamente motore o misto, avendolo Valentin e non Longet, trovato sensibile in vicinanza alla radice. È dubbio quindi se ad esso od al quinto debbasi la sensibilità dei muscoli dell'occhio, che ha tanta parte nella visione.

L'oculo-motore innerva dunque tutti i muscoli esterni dell'occhio ad eccezione del retto esterno e dell'obliquo superiore. Tra i muscoli interni del bulbo, oltre al tensore, innerva il costrittore dell'iride, la quale, per anastomosi centrale dell' oculo-motore coll' ottico, si restringe riflessoriamente ad ogni eccitazione di quest'ultimo nervo.

Movimenti consociati nel territorio d'innervazione dell'oculo-motore sono quelli per cui, nell'accomodazione, si stringe la pupilla contraendo il retto interno (non inversamente) ed amendue le pupille si contraggono, eccitando un solo nervo ottico.

Per spiegare questi movimenti si ammettono comunicazioni centrali fra le cellule originarie di alcuni fasci fibrosi dell' oculo-motore; talchè l'eccitazione centrale (volitiva) delle fibre al retto esterno si trasmetta anche a quelle dell'iride, come l'eccitazione periferica (luminosa) di un ottico si trasmette ad amendue i sistemi di fibre degli oculo-motori alle iridi.

La eccitazione intracranica dell' oculo-motore porta la retrazione con rotazione interna del bulbo e stringimento della pupilla; la sua recisione porta dilatazione della pupilla tanto maggiore, quant'è minore la luce dell'ambiente.

Vuolsi che questo nervo goda di sensibilità ricorrente, dovuta alla sua anastomosi intracranica col 5°, alla quale è pur forse dovuto il dolore, che si desta, recidendolo nell'orbita.

Ha pur luogo stringimento di pupilla quando in alcune malattie prevale la contrazione del retto superiore, con rotazione corrispondente del bulbo.

§ 17. *IV* e *VI Paio — Nervi Trocleare o Patetico e Abducente.*

Facciamo precedere al 5° il 6° per completare la serie dei nervi cranici motori dell' occhio.

Il 4° paio ha la sua origine vera appena al di dietro di quella del 3°; appare al di dietro delle eminenze quadrigemelle e avvolti che abbia i suoi processi al cervelletto e i peduncoli cerebrali, si dirige all'avanti e all'interno, traforando la dura madre al di dietro del processo clinoideo posteriore. Si anastomizza quivi col 5°, entra

nell'orbita per la fessura orbitale superiore, per quivi immettersi nell'obliquo superiore.

È certa la natura prevalentemente motrice del trocleare, ma è dubbio se abbia delle fibre radicali sensitive, avendo esso due nuclei d'origine; l'uno posteriore, dal pavimento del 4° ventricolo; l'altro anteriore, dal pavimento dell'acquedotto.

Non sono ancora ben conosciuti l'origine vera e i rapporti centrali del 6° paio, il quale sembra derivare, almeno in parte, dal pavimento del 4° ventricolo ed avere dei rapporti centrali coll'oculomotore; rapporti centrali che sarebbero fisiologicamente confermati dall'azione consociata dei due nervi, quando nel movimento laterale degli occhi, si contrae il retto interno dell'un lato ed il retto esterno dell'altro. Appare questo nervo al margine posteriore del nodo del cervello, fra esso e le eminenze piramidali, entra per la sua parete posteriore nel seno cavernoso, in cui riceve nervi dal plesso carotico; esce da questo seno per la sua parete anteriore, e passa quindi per la fessura orbitale superiore al muscolo retto esterno dell'occhio. Nel seno cavernoso l'abducente decorre all'esterno della carotide ed a contatto del sangue, che alcuni vogliono mediato, per interposizione della membrana interna del seno, che avvolgerebbe il nervo.

§ 18. *V Paio — Nervo trigemino.*

Appare questo nervo al margine anteriore dei peduncoli cerebrali al nodo con due radici, di cui l'una posteriore più grossa e sensitiva, l'altra anteriore più piccola motrice. L'origine vera della porzione sensitiva avrebbe luogo, secondo Schröder v. d. Kolk, da cellule disperse in tutta la lunghezza del midollo allungato fino a livello delle eminenze olivali, colla cui sostanza grigia, non chè con quella dei nuclei d'origine del 7°, 9°, 10°, 11°, 12° paio, starebbero in comunicazione centrale le sue fibre. Secondo lo stesso autore non si decusserebbero le fibre radicali della grossa porzione del 5°, sibbene le loro fibre cerebrali, di cui ascenderebbero ai lobi destri quelle che partono dai ganglii d'origine del 5° a sinistra e viceversa.

La piccola porzione del 5° avrebbe la sua origine vera da un nucleo gangliare, che trovasi vicino al rafe del pavimento del 4° ventricolo.

Giunte le due divise radici del 5° alla parete esterna del seno cavernoso e perforata la dura madre, si dispongono, lungo il posterior lato della fossa media della base del cranio, in guisa, che la

maggiore si decomponga in uno stipato plesso, nelle cui maglie essendovi pure della sostanza grigia, viensi ad avere un ganglio *semilunare* o del *Gasser*, al quale non partecipa che assai debolmente la piccola radice, che con quasi tutte le sue fibre passa obliquamente al disotto del ganglio, per unirsi alla branca che emana esternamente dal medesimo, sotto il nome di 3ª *branca* o *mascellare inferiore*. All'interno di questa esce pure dal ganglio la 2ª *branca* o *mascellare superiore* e più all'interno ancora la 1ª *branca* od *oftalmica*. Il ganglio semilunare tiensi inoltre in comunicazione con filamenti del simpatico, derivanti dal plesso che circonda la carotide interna.

La prima branca del quinto, anastomizzatasi col plesso carotico, dato il ramo ricorrente al tentorio, entra nell'orbita per la fessura orbitale superiore con tre divergenti rami: *lagrimale*, diramantesi alla ghiandola omonima, alla congiuntiva e cute dell'angolo esterno dell'occhio; *frontale*, alla cute della palpebra superiore e della fronte fino al sincipite ed alla regione temporale, specialmente pel terminale ramo *sovra-orbitale; naso-ciliare*, che dà la radice sensitiva al *ganglio ciliare* (formato da esso, dal 3° e dal simpatico, derivante dal plesso carotico del seno cavernoso) e che si disperde alla mucosa ed alla cute del naso, non che alla congiuntiva e cute palpebrale dell' angolo interno dell'occhio, al sacco e caruncola lagrimale.

La seconda branca del quinto, uscita dal foro rotondo, anastomizzatasi col simpatico (dal plesso carotico) dà: il nervo *zigomatico*, che entrato nell'orbita per la fessura orbitale-inferiore, decorre lungo la parete esterna di essa, si anastomizza col lagrimale, entra nel canale zigomatico, disperdendosi nei due principali rami *zigomatico-facciale* e *zigomatico-temporale;* il nervo *dental superiore posteriore,* da cui emanano rami terminali per la mucosa della bocca e pei denti superiori posteriori; il ramo *sfeno-palatino* all'omonimo ganglio, in cui entrano pure rami dal simpatico nel *petroso profondo* (dal plesso carotico) e dal 7° nel *petroso superficiale maggiore*, formanti assieme il *nervo vidiano*, e finalmente il terminale nervo *infra-orbitale,* che decorso l'omonimo canale, in cui dà il *dental superiore medio-anteriore* ed uscito pel foro infra-orbitale, si disperde alla cute della palpebra inferiore, della guancia, del naso e del labbro superiore.

La terza branca, formato un sol nervo colla piccola porzione, esce dal foro ovale, dando un tronco superiore, prevalentemente motorio, che innerva il massetere, il temporale, i pterigoidei, i tensori del velopendolo, il buccinatore, l'orbicolare della bocca, l' elevatore e il depressore dell' angolo della bocca; ed un tronco infe-

riore prevalentemente sensitivo, che dopo aver formato il *ganglio otico* (coll'intercostale e col 7º pel *petroso superficiale minore* dal ganglio genicolato) si decompone fra le ali del processo pterigoideo in ramo *auricolo-temporale* alla cute delle tempia, con estensione alla fronte ed all' occipite, al padiglione dell' orecchio, condotto uditorio esterno e membrana del timpano; ramo *linguale*, che prima di terminare nelle papille della lingua si unisce alla *corda del timpano* con un ramo della quale e col simpatico forma il *ganglio sotto-mascellare* ed innerva le tonsille, l'istmo, la mucosa del pavimento della bocca; ramo *mascellare inferiore* (d' onde un nervo *milo-ioideo* al muscolo omonimo) al ventre anteriore del digastrico e alla cute della mascella inferiore; ed un nervo *dental mentale*, che entrato nel canal dentale pel foro mascellare interno, si distribuisce ai denti inferiori ed esce con un ramo terminale pel foro mentale alla cute, alla mucosa ed alla musculatura del mento e del labbro inferiore.

Dal ganglio ciliare, della prima branca del 5º, partono i nervi *ciliari brevi*, che insieme ai *lunghi*, dal ramo naso-ciliare, perforata la schlerotica, avanzano fra essa e la coroidea all'orbicolo ciliare, si decompongono in un plesso, da cui emanano diramazioni plessiformi all'iride, al tensore della coroidea ed alla cornea.

Dal ganglio sfeno-palatino, della seconda branca del 5º, partono dei rami *orbitali* e *faringei*, i rami al setto delle narici col *naso-palatino* dello Scarpa, i rami *nasali posteriori* e i rami *palatini*, discendenti alla mucosa del palato osseo, al velopendolo, ugola, pilastri e muscoli corrispondenti, che ricevono pur rami dal 9º, 10º e 11º.

Dal ganglio otico della terza branca del 5º, oltre a diramazioni secondarie, fondentisi nei nervi *auricolo-temporale* e *tensore del palato molle*, parte un ramo, che unito al petroso superficiale minore, lo abbandona prima della sua entrata nel ganglio genicolato del settimo per entrare nella cavità del timpano, innervare il tensore dell' omonima membrana (d' onde il nome del ganglio da cui emana) unirsi all'*anastomotico* di Jacobson (dal ganglio petroso del 9º) e disperdersi alla tuba d' Eustachio e alla mucosa del timpano.

Dal ganglio sotto-mascellare o linguale, pure della terza branca del 5.º e qualche volta appena plessiforme, partono rami che vanno alla ghiandola sotto-mascellare e sotto-linguale e rispettivi condotti, non che rami che accompagnano il nervo linguale. Quando al trigemino si tributasse, come alcuni vogliono, una compartecipazione al gusto, questo ganglio avrebbe una significazione analoga a quella dell' otico e del ciliare, stando le sue riflessioni periferiche (§ 103 I) in

rapporto col gusto, come coll'udito e colla vista starebbero in rapporto eventuali riflessioni periferiche nei ganglii otico e ciliare, per modo da venirne un' azione motoria di costrizione dell' iride o di tensione della membrana del timpano. Che se anche il 5° non partecipasse al gusto, la maggior copia di saliva che si versa nella bocca per riflessione periferica, non cesserebbe dall' essere in diretto rapporto moderatore della sensazione tattile, ed in rapporto indiretto colla sensazione gustatoria, la quale fisiologicamente non insorge che colla tattile.

Le paralisi e le nevralgie per causa patologica, l'eccitazione sperimentale e la recisione, sono i principali mezzi che si adoperano per lo studio fisiologico dei nervi in genere, e del 5° paio in ispecie. Per quest'ultimo nervo si fa pure la recisione intra-cranica, che viene a cadere nei paraggi del ganglio di Gasser. Questa operazione fu fatta per la prima volta da Fodera, poi da Magendie e da moltissimi altri. Per eseguirla si adoperarono strumenti variamente conformati. Quello di Bernard è un' asticella d' acciaio della lunghezza di circa 6 centimetri, che all' una sua estremità è compressa pel tratto di un centimetro e mezzo a lamina lievemente incurvata e tagliente alla concavità, mentre all'altra estremità è fissa in manico per un bottone corrispondente alla parte convessa non tagliente dalla lamina. L' operazione si fa nel coniglio, la cui testa si tiene colla mano sinistra, mentre coll'istrumento impugnato dalla destra si penetra appena al di dietro del tubercolo condiloideo, che si sente al davanti dell' orecchio e di un duro tratto osseo, che è l'origine del condotto uditivo. Avanzando nel cranio, la punta dello strumento deve essere diretta un po' all'avanti per non urtare nella rocca petrosa, un po' in alto per evitare di entrare, anzichè nel cranio, nella fossa zigomatica. Penetrato lo strumento nel cranio, si cessa dall'avanzare e lo si dirige invece in basso ed indietro, per modo da urtare col dorso non tagliente contro la superficie anteriore della rocca petrosa. Sulla guida di questa si avanza inallora dolcemente fino a tanto che si sente mancare la resistenza ossea e stridere l'animale per la pressione che si esercita sul 5°. Allora si volge verso di esso il tagliente dello strumento e lo si recide. Accidenti più comuni dell' operazione sono la lesione della carotide o del seno cavernoso o di altri nervi, specialmente dell'8° e del 7°, quando in giovani animali si prema assai per la recisione e si penetri nella rocca petrosa. Gli animali non sopravvivono mai lungo tempo ad una sezione anche unilaterale. Io ottenni però delle sopravvivenze di varie settimane.

Il quinto è nervo sensitivo e motore, ma lo si tiene anche come nervo secretore e trofico.

Quanto all'azione sensitiva, la grossa porzione del 5° è il principale nervo di sensibilità generale e tattile della testa, innervando esso la faccia, l'orbita, il bulbo, le narici, la bocca, la lingua, le fauci, i denti, la superficie anteriore del padiglione dell'orecchio, il condotto uditorio esterno ed impartendo fors' anco la sensibilità ai muscoli dell'occhio, quand' essa non sia data del 3°. È però a notarsi, che non tutti i suoi rami sono sensibili nello stesso grado. Il linguale, per esempio, è meno sensibile dell' infra-orbitale e quest' ultimo meno del dentale. La eccitazione della grossa porzione del 5° porta il dolore, come la sua paralisi porta la insensibilità delle parti ora indicate; d'onde, per esempio, negli animali, l'urto non sentito del muso contro gli ostacoli, lo sviamento in bocca dei non rilevati alimenti.

Le comunicazioni centrali della porzione sensitiva del trigemino col 7.°, 10.°, 11.° e 12.° dei nervi cranici, non che con molti nervi spinali, sarebbero fisiologicamente dimostrate dalla maggiore estensione e frequenza dei movimenti respiratorii, per riflessione su questi nervi in seguito alla eccitazione dolorifera del trigemino.

Quanto all' azione motrice, le corrispondenti fibre della piccola porzione del 5.° si disperdono: al massetere, al temporale, ai pterigoidei, al milo-ioideo, al ventre anteriore del digastrico, al tensore del velopendolo e secondo alcuni anche al tensore del timpano.

Come la eccitazione intra-cranica della porzione motrice del trigemino determina la contrazione dei muscoli della masticazione (§ 82 I), così la sua paralisi uni o bilaterale induce una corrispondente abolizione parziale o totale dei movimenti masticatorii. Quando l' animale sopravviva qualche tempo alle recisioni unilaterali, osservansi anche peculiari maniere di smagliamento dei denti incisivi e molari, devolute alla nuova forma che assunse di masticazione unilaterale.

Esperienze mie e di Balogh resero indubitato, che la prima branca del 5.° contiene pur fibre ai muscoli radiati della pupilla, che tosto si dilata recidendo il 5.° nei cani, mentre invece nei conigli si dilata dopo essersi dapprima ristretta, forse per irritazione del moncone periferico. Le sperienze registrate nel mio lavoro: *Della Influenza che il quinto pajo cerebrale dispiega sulla pupilla. Firenze* 1863, escludono affatto il dubbio, che questa influenza dilatatrice della prima branca del 5.°, secondo me derivabile da fibre originarie del ganglio semilunare, possa essere attribuita a quelle fibre, che dal ganglio cervicale superiore del simpatico si portano nel cranio per decorrere colla prima branca e spiegare sulla pupilla una stessa influenza dilatatrice.

L'immobilità del bulbo, delle palpebre e delle labbra, che fu vista conseguire alla recisione del trigemino, non deve riferirsi a sua influenza motrice su queste parti, sibbene a lesione accidentale d'altri nervi (3°, 7°) o a mancanza di riflessione dal trigemino, la quale può far credere a paralisi delle parti in cui essa si verifica. A recisione ben fatta, Bernard trovò che il bulbo dell'occhio si mantiene perfettamente mobile.

Quanto all'azione secretoria e trofica del trigemino, la si desume dalle modificazioni che la eccitazione o la paralisi di questo nervo inducono nelle ghiandole e nelle parti innervate da esso. Così, rispetto alla secrezione, sappiamo, come la eccitazione del 5.° alla periferia (mucosa della bocca e congiuntiva) o sul suo decorso (linguale) determini un aumento della secrezione salivare e lagrimale. Per noi però questo effetto, anzichè ad una diretta influenza del 5.° sulla secrezione (influenza che sarebbe in ogni modo inesplicabile nella stimolazione periferica di questo nervo) è devoluta, per le ghiandole salivali almeno, a riflessione sul settimo, che può essere tanto centrale, quanto periferica nei ganglii otico e sotto-mascellare. Quando si volesse quindi ammettere una nuova categoria di fibre nervose, capaci di esercitare una influenza diretta sulla secrezione, bisognerebbe ripeterla dal 7.° e non del 5.° Come però la questione viene ad essere semplificata dalla influenza indiretta che i nervi motori potrebbero esercitare sulla secrezione, modificando la circolazione e la tensione delle membrane osmotiche negli organi secernenti, così riteniamo, che allo stato attuale delle nostre cognizioni, corrisponda assai meglio, tributare alle fibre del settimo, riflessoriamente eccitabili non solo dal 5.° ma anche dal 9.° e dal 10.°, un'azione indiretta sulla secrezione, per influenza vaso-motrice, pur risultante dalle condizioni emostatico-dinamiche della ghiandola sotto-mascellare, sotto la eccitazione diretta del suo ramo timpanico. (§ 103 I).

Qualche cosa di analogo si può dire dell'azione trofica. La recisione intra-cranica del 5°. determina delle alterazioni di nutrizione in quasi tutte le parti, che dal lato corrispondente a quello della recisione sono innervate da esso. Già Landmann nel 1820 e più recentemente Beek osservarono queste lesioni anche nell'uomo. La cornea si opaca, si rammollisce, si esulcera fino ad uscire gli umori e a perdersi il bulbo. Arrossano e rammolliscono le mucose dell'occhio, della bocca, delle narici; si esulcerano i margini palpebrali, le labbra, la lingua, la punta del naso. Con qualche ragione si vollero ripetere alcune di queste alterazioni: da deficente secrezione di lagrime; da azione irritante di corpi stranieri, quali, per esempio, il pulviscolo stanziante sulla congiuntiva, per mancanza del riflesso

movimento nictitante; da violenza di non sentiti urti subiti dalle parti più procidenti del muso negli animali. Se l'ultima di queste cause è relativamente imputabile dei menzionati effetti, non sembrano esserlo le prime, poichè mancarono quelli riferibili all'occhio, quando, senza recidere il 5.°, si esportarono palpebre e ghiandola lagrimale, o per impedire l'accesso al pulviscolo si cucirono le palpebre fra loro, mentre in quest'ultimo caso avvennero istessamente le alterazioni del bulbo se il 5.° era stato previamente reciso. Snellen avrebbe voluto che fossero mancate le lesioni del bulbo quando, per ovviare agli urti devoluti alla insensibilità delle palpebre cucite, portava e fissava al davanti di esse la superficie posteriore del padiglione dell'orecchio innervato dal decimo, ma Schiff osserva con ragione, che all'assunto di Snellen manca la prova necroscopica che il 5.° paio fosse stato integralmente reciso, specialmente in ciò che concerne la branca oftalmica, che godrebbe della più estesa influenza in fatto d'innervazione vaso-motrice.

Non è negarsi del resto che gli urti esterni concorrano a provocare le alterazioni nutritive, che vedemmo conseguire alla recisione del quinto, ma l'attività di questo concorso è subordinata ad una predisposizione, che gli organi corrispondenti aquistano ad infiammarsi, per azione di cause, che in sua mancanza sarebbero state insufficienti a produrre questi effetti.

Si è tentato di determinare, d'onde emanassero le fibre trofiche del trigemino, se cioè dal centro cerebro-spinale, ovvero dal ganglio di Gasser. Questa seconda provenienza era opinata da Magendie, che voleva mancanti o per lo meno minori e tardive e ripetibili da irritazione diffusa al ganglio, le lesioni trofiche dell'occhio, quando il 5.° venga reciso fra il ganglio e la sua origine. Bernard non soltanto conviene con Magendie, ma vuole aver evitata ogni alterazione trofica dell'occhio recidendo il 5.° in tale lontananza dal ganglio, da evitare la trasmissione della irritazione al medesimo. Schiff nega ogni differenza, che ripete unicamente da incompleta recisione del 5.° e considera il ganglio soltanto come centro trofico delle fibre della grossa porzione del 5.°, mentre le fibre trofiche dell'occhio avrebbero una origine più arretrata nel centro cerebro-spinale.

Considerando adunque dal nostro punto di vista l'influenza secretoria e trofica del trigemino, essa riducesi infine ad un'azione motrice, la quale potrebbe tanto spiegarsi direttamente dalle sue fibre vasomotrici, quanto riflessoriamente su di esse o su quelle del 7.° dalle sue fibre sensitive.

Vuolsi derivare la predisposizione ad infiammarsi degli organi sottratti alla innervazione vaso-motrice, dalla dilatazione paralitica dei vasi, tutto-

chè d'altra parte si affermi non osservabile una tale predisposizione nell'orecchio del coniglio, quando vi si determini la iperemia paralitica colla esportazione del ganglio cervicale superiore. Ulteriori sperienze di Meissner, tendenti a riparare l'occhio dell' animale a 5.º reciso con capsula di cuoio, lo avrebbero condotto al risultato, già del resto enunciato, che riparando l' occhio si possono evitare le alterazioni trofiche, le quali però sopravvengono per cause traumatiche, le quali non avrebbero valso a produrre simili effetti in organi sani. Ne conclude il Meissner, che la recisione del 5.º aumenti la ricettività o diminuisca la resistenza degli organi agli agenti esterni ed accarezza l' idea della esistenza di una nuova specie di fibre nervose, che agiscono nel senso di accrescere la resistenza degli organi (!) Ma senza aumentare le complicazioni al già difficile studio dei nervi, non si potrebbe forse con maggiore semplicità ripetere questa predisposizione, dalla cangiata costituzione dei tessuti, anche pel solo fatto delle variate condizioni osmotiche, e spiegare le eventuali maggiori resistenze (come nell' orecchio del coniglio) dalla maggior compattezza dei medesimi, che osterebbero ad una soverchia dilatazione paralitica dei vasi ??

Anche Samuel sostenne la tesi della esistenza di nervi trofici diretti (oltre ai vaso-motorii), che partirebbero dai gangli cerebrali e spinali e che manterrebbero in uno stato di lieve eccitazione tonica i tessuti, regolando il processo trofico e specialmente la citogenesi. La protratta sovraeccitazione di questi nervi accelererebbe, secondo Samuel, la produzione istologica fino a destare l' infiammazione co' suoi esiti negli organi rispettivi, mentre la loro paralisi darebbe luogo all' atrofia. Samuel distingue anzi fibre trofiche centrifughe (dai ganglii ai tessuti) da fibre trofiche centripete (da un ganglio all' altro) le quali spiegherebbero l' insorgere della flogosi in punto lontano da quello eccitato, come gli sarebbe avvenuto di ottenere sperimentalmente l'infiammazione dell'orecchio e della congiuntiva anche dal lato opposto a quello in cui irritava il nervo auricolo-temporale. Tuttochè appuntabile il metodo sperimentale di Samuel, che deriva l' infiammazione dell'arto addominale dalla irritazione dell'ischiatico mediante scaglie ossee legate al d' intorno di questo nervo ed imbevute di olio di croton-tiglio (come se con questo mezzo l' irritazione si limitasse al solo ischiatico) tuttochè appuntabile, diciamo, il suo metodo sperimentale, accediamo, pel contegno delle ghiandole in genere e specialmente della ghiandola sotto-mascellare, al principio dell' aumento di produzione per eccitazione diretta o riflessa dei nervi. Convinti del resto che non sia teoricamente impugnabile la possibilità della esistenza di nervi trofici diretti, moviamo soltanto il problema, che tentammo di svolgere nella nostra *Dottrina fisiologica della infiammazione:* se, cioè, l' aumento della produzione non possa anco derivarsi dalla eccitazione di nervi vaso-motori, quando ad essa rispondano contrazioni peristaltiche delle tonache arteriose.

§ 19. *VII Pajo — Nervo facciale.*

Appare coll'ottavo e coll'*intermediario* di *Wrisberg* al margine posteriore dei processi cerebellari al nodo. Non è ancor bene conosciuta l'origine vera, essendo le sue fibre inseguibili, secondo Stilling, fino al pavimento del quarto ventricolo, ove alcune di esse si

perderebbero al di là della linea mediana, mentre altre s'arresterebbero al di qua di essa in un ganglio, cui accederebbero pure, secondo Schröder v. d. Kolk, fibre cerebrali del lato opposto, d'onde la paralisi crociata dei movimenti volontarii della faccia nelle apoplessie. Un rapporto indiretto dei due nuclei del 7° attraverso le olive, colla cui parte superiore comunicano, spiegherebbe, secondo lo stesso autore, quella equabilità e contemporaneità di azione bilaterale del settimo, che determina la espressione della fisonomia.

I tre nervi entrano e decorrono nel condotto uditorio interno, affasciati in modo da sembrare che ne formino uno solo, in cui il facciale coll'intermediario rappresentava la *porzione dura*, l'acustico la *porzione molle* del settimo pajo degli antichi. Ricorsi quivi fra 7° ed 8° due brevi ed esili filamenti anastomotici, il primo di questi nervi passa colla porzione intermediaria nel canale di Fallopio, al cui angolo si rigonfia nel *ganglio genicolato*, dà e riceve fibre pei petrosi superficiali maggiore e minore; dà un ramo al muscolo stapedio e la *corda del timpano*, che passata nella cavità di questo nome, fra l'incudine ed il martello, esce dalla fessura di Glasser per decorrere col linguale, dando un ramo motore al ganglio sotto-mascellare. Il 7° si anastomizza quindi col ramo auricolare del vago ed esce pel foro stilo-mastoideo, d'onde emana: rami all'orecchio (*auricolare posteriore profondo*), allo stilo-joideo, al ventre posteriore del digastrico: rami comunicanti coll'auricolo-temporale della 3ª branca del 5°, decomponendosi infine nella *zampa d'oca*, da cui partono diramazioni terminali, che direttamente, o previa anastomosi coll'infra-orbitale, col buccinatore, col mentale e coi cervicali superiori, si distribuiscono ai muscoli del padiglione e a quasi tutti i muscoli della faccia, non che al platisma-mioide.

L'intermediario di Wrisberg fu variamente interpretato. Vollero alcuni che rappresentasse la radice sensitiva del 7°, la quale ad imitazione delle radici sensitive dei nervi spinali formerebbe il ganglio genicolato. Bernard considera l'intermediario come una radice del simpatico emergente dal midollo allungato, analoga a quella che Budge ammette uscire da quest' organo all'iride. Longet considera l'intermediario come un nervo che modera, pel ramo al tensore del timpano, la sensazione dell' udito, paragonando la sua azione e il ganglio otico, da cui escirebbe questo ramo, al ganglio ciliare, d'ond'escono i nervi omonimi a moderare colla costrizione della pupilla l'impressione visiva e paragonandolo pure alla corda del timpano, che modera la sensazione gustatoria eccitando la secrezione della saliva. Gli è perciò che Longet chiama *motore timpanico* l'intermediario di Wrisberg. Onde però la ingegnosa comparazione di

Longet riesca attendibile, bisognerebbe che fosse dimostrata la riflessione delle sensazioni luminosa ed acustica nei ganglii ciliare ed otico, come è dimostrata quella della riflessione tattile e gustatoria nel ganglio sotto-mascellare. Per le sensazioni acustiche, la riflessione nel ganglio otico potrebbe diventare possibile, quando risultasse, che nei rami anastomotici dell' 8° col 7° vi hanno fibre del primo di questi nervi al ganglio otico, pel petroso superficiale minore. Ma per le sensazioni visive, fino a tanto che non si conoscono fibre del nervo ottico al ganglio ciliare, non si può concepire questa possibilità, elisa pure dalla circostanza, che a nervo ottico reciso, manca, nello stringimento della pupilla, la prova della riflessione periferica (dall'ottico sull'oculo-motore) della eccitazione luminosa della retina.

Malgrado la citata opinione (di Bischoff) sulla natura sensitiva dell'intermediario, è ammesso generalmente che il 7° sia un nervo originariamente motore, e che incominci a diventare sensibile nella rocca petrosa, per le sue anastomosi col 5°, pei nervi petrosi, e col 10° pel ramo auricolare.

Anche la eccitazione del moncone periferico del 7° alla sua uscita dal foro stilo-mastoideo dà luogo a manifestazioni di dolore, le quali, ammesso non dipendano dalla violenza della contrazione muscolare, si attribuiscono a sensibilità ricorrente del 7° per regressione in esso di fibre sensitive dal 5°.

Come nervo motore il 7° dispiega la sua azione sui muscoli della faccia, ad eccezione dei masticatorii, ed anche dell'elevatore della palpebra superiore. L'inerzia di questi muscoli nella paralisi del 7° imparte alla fisonomia una particolare impronta, determinata dallo stiramento della bocca e del naso verso la parte sana, per la prevalente contrazione dei muscoli di questa parte, dalla retroflessione della palpebra inferiore e da maggiore ampiezza della rima palpebrale, perchè l'azione dell' elevatore non è più controbilanciata dal paralitico orbicolare.

Gli effetti dello stiramento si osservano meglio quando il volto assume un atteggiamento sottoposto ad influenza cerebrale (pianto, riso, eloquio) ma non cessano però di manifestarsi, sebbene in minor grado, anche a fisonomia ordinaria, senza provocare l'attenzione dell'ammalato.

Per la compartecipazione del settimo ai moti inerenti allo svolgimento di varie azioni complesse, vengono esse incagliate dalla paralisi di questo nervo.

Così negli animali che respirano di prevalenza dalle narici, la loro paralisi può condurre alla soffocazione, come vide Bernard in

seguito al taglio bilaterale del 7° nel cavallo. Gli è perciò che il settimo fu anche chiamato da Bell il nervo *respiratorio della faccia.* La respirazione piposa e la depressione inspiratoria delle narici negli apopletici è specialmente dovuta al settimo, per paralisi del buccinatore e delle pinne. Per la stessa paralisi del buccinatore e dei muscoli labbiali soffre pure la masticazione, nel volgere della quale l'alimento si smarrisce fra le guancie e le arcate dentali, ed esce dal paralitico angolo buccale, d'onde ha pur luogo una quasi continua fluenza di saliva.

Anche la deglutizione è interessata, tanto per paralisi del ventre posteriore del digastrico e dello stilo-joideo, quanto dei muscoli del palato molle. Quest'ultima paralisi, generalmente accompagnata da deviazione dell'ugola dal lato opposto, ha luogo quando il settimo sia paralizzato anche in quella sua parte, che decorre nel canale di Fallopio, d'onde specialmente emanano diramazioni del 7° al velopendolo e ai pilastri, direttamente dal ganglio sfeno-palatino, indirettamente per anastomosi col 9° (Longet). Certo che la deglutizione non è ostacolata al punto da venirne l'inanizione, come avrebbe voluto Brown Séquard. Non è però nemmeno intatta come vorrebbe Schiff, che afferma di aver veduto casi di guarigione (senza inanizione) in persone affette da bilaterale paralisi del 7.°

L'eloquio è pure ostacolato nei limiti dell'influenza, che sulla pronuncia possono avere il velopendolo, il buccinatore, i muscoli labbiali.

La prevalente innervazione dal settimo del padiglione dell'orecchio, spiega la sua cadenza negli animali cui si recida questo nervo. Secondo le sperienze di Bernard, ha influenza motrice sul padiglione anche il ramo auricolare del 10°, avendo egli osservata la sua cadenza in animali, cui aveva reciso questo ramo ancor prima della sua anastomosi col settimo. Se non che però in questo caso, il cadente padiglione elevavasi, incitando l'animale.

Quanto agli organi dei sensi:

La sensibilità e la mobilità del bulbo dell'occhio è perfettamente mantenuta nelle paralisi del settimo. Può soffrirne però la vista: per paralisi dell'orbicolare, che non coadiuva più l'iride nel moderare la luce; per deficenza di movimento nictitante e conseguente irritazione con flogosi della congiuntiva ed anche opacamento della cornea, tanto per pulviscolo, quanto per lagrime, le quali, per la deviazione dei punti lagrimali si accumulano nella rima, alterando anche la rifrazione e fluendo poi per le guancie.

L'olfatto, se non abolito, è per lo meno indebolito, nella paralisi del settimo, per deficenza di fiuto, da mancata azione dei muscoli nasali.

L'interessamento dell'udito si riferisce in primo luogo al deficente concetto della direzione delle onde sonore, per paralisi del padiglione; poi ad una sovra-eccitazione acustica, per paralisi dello stapedio e del muscolo interno del martello, che tendono, contraendosi, la membrana del timpano e ne abbreviano le oscillazioni (Savart). Anche la corda del timpano potrebbe essere interessata nei fenomeni acustici che accompagnano la paralisi del 7°, quando fosse accertato, che partono da essa delle diramazioni ai muscoli rilasciatori del timpano, esterno del martello ed anteriore (ancor problematico).

Nelle paralisi del settimo l'udito essendo adunque piuttosto esaltato che depresso, una eventuale sordità indicherebbe la contemporanea paralisi dell'acustico.

Non è ancora accertato se il 7.° abbia influenza sul gusto per mezzo della corda del timpano, che a quest'uopo si deriverebbe dall'intermediario, cui verrebbe assegnata un'origine vera non discosta da quella del glosso-faringeo.

Bernard, che considera l'intermediario come simpatico, formante il ganglio genicolato, da cui emanerebbero i due petrosi superficiali e la corda del timpano, non esclude che questa compartecipi al gusto, ma indirettamente, per le sue anastomosi col glosso-faringeo e per la sua innervazione sui muscoli papillari e vasali della lingua.

Lussana invece difende la tesi, che la corda del timpano sia di natura sensitiva e che disperdendosi col linguale alla parte anteriore della lingua, vi determini la sensibilità per alcuni determinati sapori.

Schiff riconosce pure l'influenza della corda del timpano sul gusto della parte anteriore della lingua, ma la deriva da fibre, che escono dal cervello colla gran radice del quinto, sortono dal cranio colla 2.ª branca, entrano nel ganglio sfeno-palatino, passano alla 3.ª branca collo sfenoidale, o col vidiano al ganglio genicolato, per quindi unirsi colla corda del timpano al linguale.

Lasciando ad ulteriori indagini la soluzione del problema, dobbiamo dire, che se da una parte gli stessi oppositori della natura gustatoria della corda del timpano, la trovarono fornita di sensibilità, che sono però disposti a derivare da sue anastomosi col 9° e 10°, non è d'altra parte a disconoscersi la sua natura motrice, tuttochè per sua eccitazione non si contragga evidentemente la lingua. Più volte dicemmo, che considerando il petroso superficiale minore, come contenente fibre dal ganglio genicolato all'otico, d'onde andrebbero filamenti alla parotide; e la corda del timpano, come

emanazione dello stesso ganglio genicolato alla ghiandola sotto-mascellare, coll' intermezzo dell'omonimo ganglio, si contengono in queste derivazioni dal ganglio genicolato ed eventualmente dall'intermediario, delle fibre vaso-motrici, che influenzano la secrezione salivare. E come questa secrezione è in istretto rapporto colla sensazione gustatoria (come lo dimostra la sua stessa dipendenza riflessa dal 9.°) così, non potrà essere negato, che la corda del timpano compartecipi indirettamente al gusto, anche come nervo motore, nella stessa guisa che come nervi motori compartecipano alla vista ed all'udito le derivazioni ciliari del 3.° nella costrizione della pupilla e le stesse derivazioni del 7.° nella tensione della membrana del timpano.

Da quanto abbiamo detto risulta: che le paralisi del settimo devono presentare un diverso apparato di sintomi a norma che la causa paralizzante agisce al foro stilo-mastoideo, o più centralmente all'indietro del ganglio genicolato. Nel primo caso, in cui non sono paralitiche le diramazioni da questo ganglio, l'apparato sintomatico è determinato dalla paralisi dei muscoli della faccia, con interessamento anche della lingua, per mancata innervazione dello stilo-joideo e del ventre posteriore del digastrico. Nel secondo caso s'aggiungono le alterazioni di secrezione salivare, di deglutizione, di gusto, di udito, inerenti all'azione dei rami emergenti dal ganglio genicolato.

La paralisi centrale del settimo può aver luogo dallo stesso lato o dal lato opposto a quello in cui esiste la causa paralizzante, a seconda che essa agisce su fibre nervose, che già o non ancora subirono la decussazione centrale. Pare che un limite abbastanza certo di sceverazione delle due specie di paralisi sia il nodo del cervello, essendo generalmente dirette quelle indotte da causa che agisce nel nodo del cervello o dopo di esso, crociate quelle altre, che dipendono da lesione dal midollo allungato, prima della sua entrata nel nodo. Come poi nel nodo del cervello e ne'suoi peduncoli è già quasi compiuto l'incrociamento delle fibre, che innervano i muscoli volontarii, così ne verrà, che nelle lesioni anteriori al nodo o nel nodo avremo dallo stesso lato la emiplegia e la paralisi del settimo, mentre invece nelle lesioni posteriori al nodo potremo avere l'emiplegia dal lato della lesione e dal lato opposto la paralisi del settimo (emiplegia alterna di Gubler).

Fino ad un certo punto si possono riprodurre sperimentalmente nel cane e nel coniglio i sintomi della paralisi del settimo, tagliando od estirpando questo nervo alla sua sortita del foro stilo-mastoideo, o recidendolo invece nella cavità del timpano, in cui si penetra con un tagliente laminare, o

dalla membrana del timpano, o dalla esile parete inferiore della cassa del timpano, che si sente col dito elevarsi al disotto dell'apofisi mastoidea. Mobilizzabile l'istromento per l'avvenutane penetrazione nella cavità del timpano, se ne può dirigere il tagliente in alto ed all'indietro, e poggiando fortemente sull' osso, si viene a recidere il nervo, quando sta per inflettersi al foro stilo-mastoideo; o dirigendo invece il tagliente alla parete anteriore-superiore della cavità timpanica, lo si recide alla sua entrata nel canal di Fallopio. In questo secondo caso è quasi inevitabile la lesione dell'acustico e dei canali semicircolari e l'animale piega la testa dal lato operato.

§ 20. *VIII Pajo — Nervo acustico.*

Appare col settimo al margine posteriore dei processi cerebellari al nodo e spinge le sue origini vere ai lati del pavimento del 4.° ventricolo, da cellule multipolari, comunicanti bilateralmente fra loro, non che coi ganglii originarii del quinto, del settimo, dei nervi motorii in genere, che rasentano la linea mediana del pavimento, ed anche col cervelletto, per fibre che vi passano dai corpi restiformi. Per queste centrali comunicazioni dell'acustico diventa spiegabile la bilateralità delle riflessioni acustiche nell' audizione unilaterale; la insorgenza di sensazioni particolari all' udire di certi suoni; la riflessione sul 7.° nella tensione del timpano e nel movimento degli orecchi; la riflessione su quasi tutti i centri motorii nel convellimento da improvvisa detonazione. Le dubbiezze in cui siamo sull'azione del cervelletto, non permettono di spiegare gli effetti delle sue comunicazioni centrali coi ganglii d'origine dell'acustico.

Dalla sua origine, il nervo acustico, involgendo parzialmente il settimo, passa con esso nel condotto uditorio interno, per quivi abbandonarlo e dividersi nel maggior *ramo cocleare* (alla lamina spirale della coclea, con diramazione al sacculo emisferico) e nel minor *ramo vestibolore*, al sacculo emielittico ed ai canali semicircolari. Prima però di abbandonare il settimo, presenta un rigonfiamento gangliare, da cui partono rami anastomotici coll' intermediario e col ganglio genicolato (Arnold).

L'opinione sostenuta sperimentalmente da Flourens, che dei due rami dell'acustico, il vestibolare sia il ramo essenziale all'audizione, è pure sussidiata dall'anatomia comparata, poichè laddove l'organo uditivo è ridotto ad una grande semplicità, come nei molluschi, nei crostacei e nei pesci ciclostomi, quivi non v'ha che la riproduzione del vestibolo, in un sacculo membranoso, contenente liquido e otoliti. Minore o nessun fondamento ha invece l'altra opinione di Flou-

rens, che il ramo ai canali semicircolari determini i moti direttivi della testa.

Il nervo acustico trasforma sempre in sensazione acustica il movimento di eccitazione in cui entra. Non solo quindi non è capace di sensibilità generale, per cui la sua lesione è indolora, ma eccitato anche con stimolo; per esempio, elettrico, risponde con una sensazione acustica. Già il Volta fece questa esperienza applicando agli orecchi gli elettrodi di una pila di 40 coppie. Intese un fischio ed un rumore interrotto per tutto il tempo di chiusura del circuito.

Tali premesse renderebbero inutile il dire, che le alterazioni di ogni maniera dell'acustico aboliscono l'udito, se non dovessimo anche aggiungere, che non sempre si trovano lesioni di questo nervo nei sordo-muti, che qualche volta fu trovato atrofico, ma che l'atrofia potrebbe essere anche più effetto che causa della sordità.

§ 21. *IX Paio — Glosso-faringeo.*

Formando un gruppo col 10.° e coll'11.° paio, appare il 9.° al davanti di questi nervi ed al di dietro dell'8.°, nel solco che separa le eminenze olivali dai corpi restiformi. Risale colle sue origini vere ad un ganglio del pavimento della fossa romboidea, appena al disopra del calamo scrittorio, e ad altro ganglio sussidiario, da cui sembrano preferibilmente emanare fibre motrici. I due ganglii principali stanno in comunicazione crociata col cervello, e i due gangli sussidiarii comunicano specialmente col ganglio principale e col ganglio d'origine del quinto, d'onde spiegansi le riflessioni del quinto e del nono sulla parte motrice del glosso-faringeo nel vomito (Schröder v. d. Kolk). Direttosi il nervo dalla sua origine al foro lacero posteriore, formano in esso le sue fibre posteriori il non costante *ganglio di Ehrenritter*, di comunicazione col simpatico; poi, dopo l'uscita da questo foro, il *ganglio petroso* o *di Andersch*, da cui partono rami di comunicazione col ganglio cervical superiore del simpatico e coll'auricolare del vago, non che l'*anastomotico di Jacobson*, che entrato nella cavità del timpano, manda rami alla mucosa di questa cavità, alla tuba d'Eustachio, ai plessi carotici e finisce coll'anastomizzarsi con un ramo del petroso superficiale minore. Dal ganglio petroso, il 9.° si continua fra le due carotidi interna ed esterna lungo il margine interno dello stilo-faringeo, dando rami anastomotici al vago, ai plessi carotici e rami ai muscoli stilo-faringeo e costrittori della faringe; poi si prolunga nel ramo linguale, che giunto a lato della lingua e dati rami alla mucosa del-

l' istmo, finisce a disperdersi nelle papille circonvallate, formandovi degli speciali rigonfiamenti terminali.

Si è discusso se il glosso-faringeo sia originariamente un nervo sensitivo o misto.

Il glosso-faringeo è ritenuto nervo sensitivo da Reid, Longet, Valentin e Panizza; nervo misto da Arnold, Schiff e Müller, che lo paragona anzi al quinto o ad una coppia senso-motrice spinale, perchè la sua radice è divisa in due parti, di cui l' una presenta il rigonfiamento gangliare di Ehrenritter. Si ritiene che i muscoli innervati dalla porzione originariamente motrice del 9.° sieno lo stilo-faringeo, il costrittor medio delle fauci e il glosso-stafilino.

Fu pure discusso se il 9.° sia nervo esclusivamente gustatorio od anche tattile. La sua dispersione alla mucosa del palato molle ed alla epiglottide, ove il gusto presumibilmente non esiste, dovrebbe far credere alla sensibilità tattile del nono, almeno fino a quando non si sieno trovati per queste parti dei nervi tattili provenienti da altre fonti. Ciò malgrado, l' addolorabilità del 9.° irritato nel cranio è negata da alcuni (Panizza), affermata invece da Longet e da Schiff, il quale trova anzi distinguibile il 9.° dagli altri nervi, così detti specifici, perciò, che irritato meccanicamente sul suo decorso dà sensazione dolorosa, ma non gustatoria, la quale manca pure se sul suo decorso venga eccitato con sostanze sapide. In favore della sensibilità tattile del glosso-faringeo Schiff trova un argomento anche nell' anatomia comparata, affermando egli che manchi affatto la dispersione del quinto nella lingua del pappagallo, che gode di una squisita sensibilità tattile.

Una terza questione agitatasi a proposito dal nono, questione che fu già toccata parlando della corda del timpano, è quella di sapere, se l'azione gustatoria sia riservata soltanto al glosso-faringeo, ovvero se vi partecipi anche il linguale, per le fibre, che, comunque sia l'origine e la via, riceve dalla corda.

L' antica opinione che il 9.° fosse il solo nervo gustatorio fu sostenuta da Panizza (1834), da Valentin e nel 1848 da Stannius. Nel 1846 Biffi e Morganti attribuirono azione gustatoria anche al linguale, il quale, per le fibre che gli derivano dalla corda del timpano, darebbe la sensibilità gustatoria alla parte anteriore della lingua, che sarebbe invece gustatoriamente innervata dal 9.° nella sua parte posteriore. Al metodo tenuto da questi autori di esaminare, cioè, il contegno degli animali alle sostanze sapide in seguito alla recisione dei soli nervi linguali o dei soli nervi glosso-faringei, lo Schiff aggiunse l'applicazione del principio di Waller, sulla degenerazione dei nervi recisi, per dimostrare, che alla parte ante-

riore della lingua non si disperde che il linguale, cui egli attribuisce pure una compartecipazione al gusto, ritenendo che il quinto sia sensibile all'acido, il glosso-faringeo all'amaro, ambedue al dolce.

Principali azioni riflesse del glosso-faringeo sono: la salivazione, la deglutizione ed il vomito.

La prima di queste azioni, che il 9.° condivide col 5.° è tanto dimostrata dalla salivazione conseguente alla eccitazione meccanica o sapida della cavità della bocca, quanto da quella che s'induce eccitando sul loro decorso il linguale ed il glosso-faringeo. Schiff opina anzi che il glosso-faringeo agisca di prevalenza riflessoriamente sulla secrezione parotidea, e invoca a sostegno l'anatomia comparata affermando, che i formichieri, i quali non avrebbero il glosso-faringeo, ma soltanto il linguale, hanno sviluppato soltanto quelle ghiandole che sono in rapporti di riflessione con quest'ultimo nervo, mentre le parotidi vi sono sì atrofiche da essersi perfino negate. L'opinione di Schiff è in evidente disaccordo con quella di Bernard, che ritiene la saliva parotidea chiamata prevalentemente ad un'azione meccanica di imbibizione dell'alimento, per cui sarebbero le parotidi più sviluppate negli animali che usano di alimenti secchi, come il cavallo, che mangia il fieno. Nei casi di questa alimentazione, precedendo e prevalendo l'azione tattile alla gustativa, la riflessione sulla parotide dovrebbe farsi preferibilmente dal 5.° Senz'ammettere, con Bernard, che alla saliva parotidea, non dissimile nelle sue proprietà chimiche dalla saliva sotto-mascellare, sia riservata soltanto un'azione meccanica, non possiamo però disconoscere, che siringando i condotti stenoniano e whartoniano, più dal primo che dal secondo aumenta l'efflusso, quando introducendo nella bocca un pezzo di carta sciugante, si desta piuttosto una eccitazione del 5.° anzichè del 9.°, epperò non possiamo convenire nell'opinione di Schiff, che l'azione riflessa del glosso-faringeo si dispieghi di preferenza sulle parotidi.

L'azione riflessa del glosso-faringeo nella deglutizione è dimostrata dal conseguire di quest'atto alla stimolazione naturale che il bolo alimentare, quando è giunto all'istmo delle fauci, esercita di prevalenza sul glosso-faringeo. È pur dimostrabile sperimentalmente nei moti di deglutizione che conseguono alla eccitazione elettrica del moncone centrale di questo nervo. La persistenza della deglutizione riscontrata da Panizza e Longet, impugnata da Magendie, in seguito alla sua recisione bilaterale, dimostrerebbe soltanto che vi hanno altre vie di riflessione, oltre a quella del glosso-faringeo.

La facilità con cui si desta il vomito, eccitando le fauci, è pure una prova della concorrenza del nono a quest'azione riflessa.

§ 22 e 23. X° e XI° *Pajo — Pneumo-gastrico o Vago ed Accessorio di Willis.*

È bene lo studio simultaneo di questi due nervi, per la intimità dei rapporti anatomici e fisiologici in cui si tengono fra loro.

Le fibre originarie del pneumo-gastrico si possono inseguire con certezza fino alle *ali cineree* del pavimento della fossa romboidea, ove mettono a due ganglii, dei quali il più piccolo, che si ritiene motore, è separato dall'origine superiore dell'accessorio alla punta del calamo per la intrusa origine dell'ipoglosso in vicinanza al punto di convergenza delle pareti del calamo stesso. Di quivi i ganglii d'origine del vago tengonsi in comunicazione crociata colla massa encefalica ed in comunicazione diretta coi ganglii del midollo allungato, originarii delle fibre (respiratorie) decorrenti nelle colonne laterali.

Meno esattamente si conosce l'origine dell'accessorio, il quale, oltrecchè dal detto ganglio, che trovasi alla punta del calamo, ritrae le sue fibre anche dalle colonne laterali del midollo spinale fino a livello della settima vertebra cervicale. Da questo lungo tratto, le fibre originarie dell'accessorio in piccole radichette apparenti fra le radici anteriori e posteriori dei nervi spinali, entrate pel foro occipitale nel cranio, si riuniscono alle radici bulbari o derivanti dal midollo allungato, per formare, subito al di dietro dell'origine apparente del 10.°, un solo nervo, nel solco di separazione delle eminenze olivali dai corpi restiformi. Considerato l'11.° da questo punto, delle sue fibre raccolte in fascetti divergenti a guisa di ventaglio, veggonsi le superiori convergere verso l'origine apparente del 10.° e penetrare nel midollo allungato, le inferiori invece divergere e decorrere apparenti sul midollo spinale, fino a tanto che non sieno giunte ai rispettivi punti di penetrazione nel medesimo. Gli è per questa convergenza delle fibre radicali superiori dell'11.° verso quelle del 10.° che, ove non fosse, assai volte, la interposizione di un vuoto spazietto triangolare, diventa difficile determinare, se queste fibre spettino piuttosto all'uno che all'altro dei due nervi e quale sia veramente il limite, cui, alla superficie del midollo allungato, arrivano le fibre del vago ed incominciano quelle dell'accessorio. È tale questo avvicinamento delle fibre radicali dell'accessorio e del vago, che lo stesso Willis ed altri furono tentati di ritenere come accessorio soltanto quella sua parte, che ha una origine spinale e di considerare come spettante originariamente al 10.° quell'altra sua parte, che ritrae le fibre dal midollo allungato. La pluralità degli anatomici però si accorda collo Scarpa, nel distinguere

l'accessorio, in porzione originaria del midollo allungato o *bulbare*, formante il ramo anteriore che decorre col vago, e in porzione *spinale*, formante il ramo posteriore, che si distribuisce ai muscoli dorsali del collo e più specialmente al cucullare e allo sterno-cleido-mastoideo. È questo infatti l'assai semplice contegno dell'accessorio, che dalla sua origine apparente, decorrendo col vago, gli manda il suo ramo anteriore al disotto del *ganglio giugulare*, che il vago forma nel foro giugulare o lacero posteriore, da cui esce appunto coll'accessorio.

Dal ganglio giugulare, d'onde emana il *ramo auricolare* (che rinforzato da anastomosi col ganglio petroso e col 7.°, si disperde alla cute posteriore del padiglione e del meato uditorio esterno) il vago procede fra giugulare interna e carotide interna, riceve il ramo anteriore dell'accessorio ed un ramo dall'ipoglosso, s'ingrossa quindi nel *plesso nodoso di Meckel*, per poi, fra la carotide comune e la giugulare interna, discendere lungo il collo ed entrare nel torace. Dal plesso nodoso e lungo questo tratto di decorso cervicale emanano dal vago in ordine discendente:

1.° Dei *rami anastomotici* col glosso-faringeo, col primo ganglio cervicale del simpatico, coi nervi spinali. 2.° I *nervi faringei superiore* ed *inferiore*, che formano col 9.° il *plesso faringeo* ai muscoli ed alla mucosa della faringe. 3.° Il *nervo laringeo superiore*, che uscito dalla estremità inferiore del plesso nodoso, si divide in *ramo esterno* (al costrittore inferiore della faringe e al crico-tiroideo, pure innervato dal ricorrente) e in *ramo interno* (alla superficie posteriore della epiglottide, innervata anteriormente dal 9.°, e alla mucosa della laringe). 4.° *Rami anastomotici* al discendente dell'ipoglosso e al plesso carotico interno. 5.° *Rami cardiaci*, che lungheggiando la carotide entrano nel plesso cardiaco.

Nel tratto toracico i vaghi decorrono all'esterno della carotide comune e al di dietro dei bronchi, cui aderiscono per lasso unitivo; il destro passa al davanti dell'arteria succlavia e al di dietro dell'esofago; il sinistro al davanti dell'arco aortico e dell'esofago, col quale i due nervi procedono poi di conserva, per entrare nell'addome attraverso il foro esofageo, dopo aver dati in questo tratto e in ordine discendente i seguenti rami:

1.° I *ricorrenti laringei*, che reduci alla laringe fra la trachea e l'esofago, e dati dei rami *tracheali* ed *esofagei* (*superiori*) si disperdono ai muscoli della laringe. 2.° Diramazioni che entrano col simpatico a formare i *plessi cardiaci*, i *plessi bronco-polmonari anteriori* e *posteriori* e il *plesso esofageo*.

Quest'ultimo plesso, completando il decorso dei vaghi nell'ad-

dome, si decompone nei *plessi gastrici anteriore* e *posteriore*, da cui partono rami al *plesso celiaco* o *solare*, e per esso al *plesso epatico* e agli altri plessi addominali.

Visto che i vaghi diventano nervi misti nel loro decorso, per le anastomosi che incontrano tanto col simpatico, quanto con nervi sensitivi e motori cranici e spinali, dimandasi se le loro fibre formino originariamente un nervo puramente sensitivo, ovvero un nervo misto.

V'ha chi ritenendo l'accessorio come nervo originariamente motore, lo paragona ad una radice spinale anteriore, che nel foro intervertebrale, rappresentato dal foro lacero, si fonderebbe colla sua radice posteriore o sensitiva, rappresentata dalle fibre originarie del pneumo-gastrico. Questa parificazione è sostenuta da Bischoff e da Longet, il quale considerando il vago come nervo sensitivo, rinforzato forse (per la scarsezza delle sue fibre originarie rispetto alla estensione della sua dispersione) da fibre sensitive del simpatico, ammette che ritragga i suoi elementi motori da molteplici fonti, onde fosse meglio garantito il disimpegno delle importanti funzioni a cui presiede. Il ramo anteriore dell'accessorio non formerebbe quindi, secondo Longet, che una radice motrice incompleta del vago. Questa radice sarebbe completata dalle ulteriori anastomosi di questo nervo col facciale, coll'ipoglosso, coi primi cervicali, non che da quelle, che, per la via dell'intercostale, gli deriverebbero da tutte le radici anteriori cervicali e dalle prime sei dorsali. Queste ultime sortirebbero quindi dal vago per presiedere ai movimenti involontarii, mentre le prime innerverebbero muscoli volontarii o semivolontarii. E in questo contegno del pneumo-gastrico, trova Longet un'analogia col quinto, la cui radice motrice (rappresentata dalla piccola porzione) sarebbe completata dalle successive anastomosi che il quinto incontra coll'oculo-motore, col facciale e coll'ipoglosso.

Contro la indicata comparazione del 10.° e dell'11.° a due radici spinali si fa valere: che al 10.° non s'immedesima, come nelle radici spinali, ma solo si concomita, un solo ramo (anteriore) dell'11.° le cui fibre sono originarie del midollo allungato, mentre le fibre di origine spinale formerebbero il ramo posteriore, nel quale entrerebbero delle fibre originarie del pneumo-gastrico; che l'accessorio presenta esso stesso dei rigonfiamenti gangliari suoi propri, i quali cadendo al disopra delle sue anastomosi col primo ganglio cervical-spinale, non sono identificabili con questo ganglio (Hyrtl); che fu visto l'accessorio, prima della sua entrata nel cranio, somministrare qualche volta al medesimo ganglio la radice posteriore e sensoria (Müller).

Ciò essendo, l'accessorio non potrebbe più essere paragonato ad una radice anteriore motrice, perchè sebbene prevalentemente motore, sarebbe un nervo misto dalla sua origine; come ad una radice posteriore sensitiva non potrebbe più essere paragonato il pneumo-gastrico, quando fosse dimostrato, che sebbene prevalentemente sensitivo, contiene dalla sua origine delle fibre motrici.

Della natura mista dell' accessorio, generalmente ritenuto qual puro nervo motore, è molto ardua la constatazione fisiologica, in causa della non eliminabile possibilità, che i segni di originaria sensibilità di questo nervo, anzichè a fibre sue proprie, non tengano invece a precedute anastomosi con radici spinali posteriori. Nella sensibilità ricorrente dell' accessorio, dovuta, secondo Bernard, non al pneumo-gastrico, ma alle tre prime radici spinali posteriori, trova egli un altro argomento per conchiudere che l' 11.° non si comporta rispetto al 10.° come una radice spinale anteriore, la quale dovrebbe in allora trovare nella propria radice posteriore e quindi nel 10.° la ragione di tale sensibilità.

Nè meno è facile la constatazione della originaria natura del vago, prima di tutto perchè molte volte non vi ha un limite di separazione tra le fibre intracraniche di questo nervo e quelle di origine bulbare dell' accessorio; poi perchè adoperando l' eccitazione elettrica, siccome quella che è più efficace, s'incorre nel pericolo della eccitazione paradossa dell' accessorio, quale appunto si manifesta nella contrazione dei muscoli innervati dal ramo posteriore di questo nervo, senza che però la mancanza di tale contrazione escluda la contingenza della eccitazione paradossa, che potrebbe limitarsi al ramo anteriore, siccome quello, le cui fibre essendo più contigue alle originarie del vago, sono anche più facilmente, che non quelle del ramo posteriore, arrivabili da questa maniera di eccitazione (§ 54 I).

Le sperienze che io feci sulla eccitazione intracranica del vago (sperienze che sono registrate nelle mie *Contribuzioni alla fisiologia* di questo nervo) mi convinsero, che il pneumo-gastrico è un nervo originariamente misto, avendo per la eccitazione elettrica del suo tratto intracranico (con debita attenzione alla eccitazione paradossa dell'accessorio) ottenuta la contrazione gastro-intestinale, come già Volkmann aveva colla stessa esperienza ottenuta la contrazione dell'esofago, e come Van Kempen erasi pure convinto della originaria natura mista del vago, mediante la semplice eccitazione meccanica.

La da noi osservata duplicità dei ganglii originarii del vago è argomento anatomico, che viene in sussidio della fisiologia, per giudicare della natura originariamente mista di questo nervo. Ciò

malgrado però non possiamo disconoscere che una tale questione perde assai della sua importanza, quando si pensi, che la contiguità delle fibre centrali dell'11.° col ganglio originario del vago, lascia luogo a dubitare, che già nel tratto di decorso centrale abbia luogo un passaggio al 10.° di fibre originarie dell'11.°; per cui, e da questa circostanza e dalla frequente impossibilità di sceverare le radici apparenti del 10.°, da quelle della porzione bulbare dell'11.°, sarebbe tanto più autorizzata l'idea di Willis, di considerarle come spettanti ad un unico nervo.

Comunque sia, noi teniamo il vago qual nervo, il quale, benchè dalla sua origine prevalentemente sensitivo, contiene anche delle fibre motrici, che innervano l'esofago, il ventricolo e il tubo intestinale.

Eccitando i vaghi al collo abbiamo pur segni di contrazione dei villi intestinali, della milza, delle arterie addominali e della vescica urinaria; il che indicherebbe che vi hanno in essi delle fibre motrici pei muscoli rispettivi, senza poter affermare se queste fibre sieno originarie dei vaghi, o derivanti ad essi da qualcuno dei nervi, coi quali ebbero già ad anastomizzarsi prima di giungere alla regione del collo.

Facendo ora precedere a quello del vago lo studio dell'azione fisiologica dell'accessorio, la sperienza fatta primamente da Bischoff (sperienza facile a fallire per emorragia o per entrata d'aria nelle vene) di aprire lo speco e recidere d'ambo i lati tutte le radici di questo nervo, diede una volta per risultato la completa afonia.

Bernard propose, nel 1844, l'estirpazione di tutte le radici dell'accessorio, senza lesione del vago, mediante una forte trazione sul tronco del primo di questi nervi nel foro lacero-posteriore. Questa operazione riesce facilmente nei giovani conigli, che mi diedero costantemente per effetto una respirazione più frequente, più breve e gutturalmente rumorosa, specialmente sotto l'apprensione o la corsa. Bernard ottenne pur sempre la completa afonia ed una certa difficoltà di deglutizione, che egli attribuisce principalmente alla paralisi del ramo posteriore. Si ottiene pure l'afonia recidendo i due vaghi al disopra della emanazione dei ricorrenti laringei, ovvero anche tagliando questi due ultimi nervi. Bernard opina che l'afonia possa tanto derivare da paralisi degli accessorii, quanto da quella delle fibre originarie dei vaghi; solo che la prima sarebbe dovuta a permanente dilatazione della glottide, mentre invece la seconda a permanente costrizione della medesima, con minaccia di soffocazione quando si tratti di animali assai giovani. L'accessorio innerverebbe quindi i costrittori, il vago i dilatatori della glottide

(*crico-aritnoidei posteriori*) e siccome Bernard opina, che per la voce e per la respirazione sieno condizioni rispettivamente necessarie lo stringimento e la dilatazione della glottide, così tiene egli l'accessorio qual nervo laringeo-vocale, il vago qual nervo laringeo-respiratorio. Longet conviene, in genere, con Bernard nel rilevare gli effetti indotti dalle predette lesioni, ma siccome egli considera il vago come nervo sensitivo, così deriva la costrizione della glottide da altri nervi motori, che entrano in anastomosi col vago, anzichè da fibre motrici proprie di questo nervo e nella necessità di queste anastomosi trova anzi la ragione, per cui le fibre costrittrici della glottide, anzichè a livello della laringe, escono più in basso col ricorrente. Bernard e Longet convengono pure nell'ammettere, che la estirpazione dell'accessorio non leda gran che il movimento di deglutizione, che si compirebbe però quasi sempre con deviazione di frammenti alimentari nella trachea. Bernard ritiene a questo proposito, che l'accessorio presieda ai movimenti di costrizione della laringe contro l'entrata del bolo, mentre invece le fibre motrici originarie del vago determinerebbero i moti di avanzamento del bolo nella faringe e nell'esofago. Longet, opinando che la costrizione della glottide non sia un movimento essenziale di protezione della laringe, che sarebbe invece protetta dalla sua elevazione e dall' arretramento della base della lingua, attribuisce la deviazione dell' alimento (correggibile del resto col tempo) a lentezza di deglutizione per paresi dei costrittori della faringe, talchè la respirazione, che non potrebbe restare sì a lungo sospesa, richiamerebbe l'alimento alla laringe, come ha luogo più facilmente, quando incitando l'animale che mangia, si destano in lui dei più energici movimenti inspiratorii. Come poi, secondo Longet, i costrittori superiore e medio riceverebbero diramazioni motrici dal facciale, dai primi nervi cervicali, dal nervo masticatore e il più energico muscolo costrittore inferiore da nervi cervicali che entrerebbero nei ricorrenti (i quali non emanano dal tronco del pneumogastrico se non dopo le sue anastomosi coi cervicali e coll'ipoglosso) così è a presumersi, che tutti questi nervi, e non le sole fibre dei ricorrenti, concorrano ad assicurare la motilità di muscoli così importanti, quali sono i faringei; motilità che infatti nella estirpazione dell'accessorio, si restituisce col tempo. Anche i muscoli elevatore, tensore del palato molle ed azigos, ricevono fibre motrici dall'accessorio.

Carlo Bell considera il ramo esterno dell'accessorio come nervo implicato in certe modalità di respirazione, quali, ad esempio, la respirazione ortopnoica, quella dei moribondi, il parlare concitato,

il canto, il grido, la tosse, lo sternuto, epperò lo chiama il nervo *respiratorio inferiore-esterno del collo.* I muscoli da esso innervati verrebbero in sussidio degli ordinarii nervi e muscoli respiratorii per indurre, con una maggiore amplificazione del torace, quella più profonda inspirazione che si esige pel compimento di questi atti. Se non che si vorrebbe da Bell, che questi muscoli, i quali verrebbero messi in azione respiratoria dal ramo esterno dell'accessorio, ricevano altri nervi per le contrazioni volontarie. Cita l'esempio dell'emiplegico, che può mettere in azione respiratoria il cucullare e lo sterno-cleido-mastoideo anche dal lato paralitico, senza che da questo lato possa elevare volontariamente la spalla. E cita l'esperienza di un animale, in cui, scoperto il ramo posteriore ed eccitata la respirazione, tosto colla recisione del nervo si aboliscono i moti respiratorii di questi muscoli, che si mantengono invece capaci di contrazione volontaria. Questa esperienza è contraddetta da Bischoff, da Longet, da Bernard, che trovarono perdurante l'azione respiratoria anche sotto la recisione bilaterale dei rami posteriori, il che prova una parte dell'assunto di Bell, che cioè questi muscoli, oltrecchè da questo ramo, sono innervati da altre fonti; ma prova pure, che amendue le fonti nervose, oltre ad essere capaci di azione respiratoria, lo sono pure di azione volontaria, il cui mancare negli emiplegici potrebbe devolersi ad impedita trasmissione della volontà ai loro centri d'origine.

Bernard vorrebbe riconoscere nel ramo posteriore dell'accessorio la stessa azione antagonistica ai nervi respiratorii, che riconosce pel ramo anteriore. Vorrebbe, cioè, che l'innervazione respiratoria del cucullare e dello sterno-cleido-mastoideo sia disimpegnata dai cervicali e che i rami posteriori agiscano sulla voce, impedendo col rallentamento della espirazione uno svuotamento repentino dei polmoni, e determinando di tal guisa, quanto si esige per la produzione dei toni, un lento passaggio dell'aria attraverso la glottide. Egli avrebbe osservato, che tagliando questi rami, ch'ei chiama *vocali toracici*, si mantiene la sonorità normale della voce, ma invece di grida prolungate si hanno toni brevi e interrotti. Secondo l'idea di Bernard l'accessorio sarebbe quindi chiamato con ambo i suoi rami ad ostacolare i movimenti respiratorii indotti dal vago e dai nervi spinali, onde applicarli all'insorgenza di un'azione animale, qual'è la produzione della voce.

Longet, che tiene per nervo vocale soltanto il ramo anteriore dell'accessorio, e che afferma di aver vedute le contrazioni dello sterno-cleido-mastoideo sotto le grida di animali, cui erano stati recisi i rami posteriori, ripete gli eventuali effetti fonici di questa

lesione dalla diminuita possibilità (per mancanza di una delle fonti nervose) di dare alla inspirazione quella maggiore estensione che si richiede, non solo per la voce, ma per qualsiasi altra azione congiunta a modificazione del respiro.

Convenendo in questa interpretazione, a noi pare eziandio che una concorrenza indiretta alla produzione dei toni, nel senso di Bernard, anzichè esigere nervi speciali, possa essere attribuita ad ogni forza inspiratoria, la quale può rallentare la espirazione, siccome antagonistica di essa.

Alla recisione del ramo esterno dell' accessorio fu pur veduta conseguire un' alterazione dei movimenti d'incesso degli arti anteriori, alterazione la quale potrebbe essere devoluta ad una minor fissazione della spalla, per la paralisi dei muscoli innervati da questo ramo.

Venendo ora al 10.° pajo, vogliasi desso considerare qual nervo in sua origine sensitivo o misto, è generalmente ammesso, che le sue originarie fibre sensitive si distribuiscono:

1.° Alla cute posteriore del padiglione dell'orecchio ed al meato uditorio esterno, pel ramo auricolare.

2.° Alla base della lingua pei rami interni del laringeo superiore (Longet).

3.° Alla mucosa della faringe (pei rami faringei).

4.° Alla mucosa della laringe e della parte posteriore della epiglottide pei nervi laringei superiori.

5.° Alla mucosa dell'esofago, dello stomaco, della trachea e dei bronchi.

6.° Al cuore.

Dalla eccitazione delle fibre sensitive del vago in tutti questi organi, insorgono di prevalenza delle reazioni riflesse, come lo dimostrano: il contrarsi dei muscoli auricolari e il conseguente scuotersi del padiglione, titillandone la cute nel cane che dorme; la deglutizione od il vomito conseguenti rispettivamente alla modica o rozza eccitazione dei rami linguali (Longet), faringei od esofagei; la tosse che si desta eccitando la mucosa della laringe, della trachea o dei bronchi; la contrazione che si determina nel ventricolo per eccitazione della sua mucosa; il ritmico contrarsi del cuore eccitato e ridotto al silenzio coll'eccitazione dei vaghi (§ 21 II).

Se ora i movimenti che insorgono nella massima parte degli organi, sensoriamente innervati dal vago, debbansi soltanto a fibre motrici estranee all'origine del medesimo, ovvero anche a sue proprie ed originarie fibre motrici, ovvero ancora ad amendue le specie di fibre, è argomento tuttora contestato, malgrado il preva-

lente numero dei fisiologi, che ritengono il vago qual nervo in sua origine, misto.

Prescindendo però (in base a quanto dicemmo più addietro sulla difficoltà di sceverare le origini del vago da quelle dell'accessorio) dal subordinato interesse di questo contestabile argomento, primeggia invece nello studio del vago la necessità di considerare sinteticamente la influenza che esso dispiega su diverse azioni sommarie, per mezzo della speciale e varia dipendenza in cui si tengono con questo nervo le loro componenti azioni semplici o complesse.

Influenza del 10.° pajo sulla respirazione. — Questa influenza dà luogo ad uno degli esempi più evidenti della multiforme concorrenza del vago allo sviluppo di azioni semplici o complesse, inerenti all'azione sommaria della respirazione.

Difatti, le diverse fibre emananti dal pneumo-gastrico influenzano la respirazione nel suo meccanismo e nel suo chimismo.

Il meccanismo della respirazione può tanto essere influenzato da fibre motrici, quanto da fibre sensitive e da fibre vaso-motrici.

Lo è in modo evidente dalle fibre del laringeo inferiore, per la innervazione motrice che esso esercita sulla laringe. Come però la paralisi della glottide, indotta dal taglio di questo nervo, non basta a spiegare le alterazioni meccaniche del respiro conseguenti alla recisione dei vaghi al di sopra di esso e persistenti anche in seguito alla tracheotomia, così è necessario inferirne, che il pneumo-gastrico, oltre a fibre motrici per la laringe, emani fibre motrici per altre parti del sistema respiratorio, fra cui probabilmente le fibre muscolari dei bronchi e della trachea.

Anche le fibre vaso-motrici polmonari emananti dal pneumo-gastrico, influenzano indirettamente il meccanismo della respirazione pel rallentamento che la paralisi vaso-motrice induce nella circolazione polmonare, non che per le alterazioni nutritive che si determinano nelle pareti delle cellule polmonari. In quali rapporti del resto, la modalità dell'alterazione meccanica rispetto alla diminuita frequenza ed alla aumentata estensione del respiro in seguito alla sezione dei vaghi, stia, colle accennate probabili influenze motrici di questi nervi, tanto sull'apparato respiratorio quanto sul circolatorio, noi lo vedemmo al § 59 II.

Le fibre sensitive che vanno dal pneumo-gastrico alla mucosa della laringe, pel laringeo superiore, non che alla mucosa della trachea e dei bronchi, influenzano riflessoriamente il meccanismo della respirazione, rendendola in genere più attiva, come avviene di vedere nella tosse conseguente alla eccitazione di queste mucose.

La influenza dei vaghi sul chimismo della respirazione è una risultanza della sua influenza motrice, tanto sul meccanismo della respirazione, quanto sul trofismo degli organi polmonari, comprendendosi di leggeri, che le multiformi variazioni indotte nei rapporti osmotici tanto per tensione di gas o di membrane, quanto per peculiarità di trofismo, quanto finalmente per velocità di circolo, debba indurre corrispondenti variazioni di ricambio gazoso, quali furono studiate principalmente da Valentin e sommariamente accennate allo stesso § 59 II.

Al quale paragrafo, concisamente è vero, ma abbastanza dicemmo su quanto si suppone, si conosce, o si crede di conoscere intorno alla influenza che i vaghi esercitano sulla respirazione, perchè in vista anche della deficenza di argomenti nuovi o di più esteso sviluppo dei già ventilati, ci possiamo sentire tentati di ritornarvi ancor sopra.

Solo diremo, rispetto allo stimolo eccitante il movimento respiratorio, come Traube, il quale aveva pur fatte delle sperienze in favore della dottrina per noi propugnata in detto § 59 II, che cioè la causa di tali movimenti debba ricercarsi nella mancanza di ossigeno, sostenesse invece con più recenti sperienze l'idea, che l'eccitante dei medesimi sia l'acido carbonico. Egli avrebbe osservato che premendo da una vescica nella trachea di cane narcotizzato dell'aria atmosferica, seguiva ad ogni pressione una espirazione attiva, che invece non aveva luogo, senz'alcun segno di dispnea, quando premeva dell'idrogeno presumibilmente scevro di ossigeno. Se invece all'idrogene andava commisto il 14 °/₀ di acido carbonico, in allora, negl'intervalli fra una pressione e l'altra insorgevano in ed espirazioni attive, che facevansi sempre più frequenti e profonde, con effetti ancora più energici e rapidi se il miscuglio gasoso era formato di 32 °/₀ O, 28 °/₀ CO_2, 40 °/₀ N. Dall'assenza della dispnea e di ogni movimento respiratorio attivo, quando, in seguito a prolungato insoffiamento d'idrogeno devesi supporre che il sangue sia molto impoverito di ossigeno, conclude Traube, che la deficenza di quest'ultimo non agisca da eccitante respiratorio, mentre invece dagli effetti dell'insoffiato acido carbonico emergerebbe appunto il suo potere eccitante, e quelli più energici indotti da questo gas misto all'ossigeno deriverebbe dall'aumentata eccitabilità per quest'ultimo del centro respiratorio. Se non che le risultanze di Traube non furono confermate da Rosenthal e Thiry, che videro la dispnea fino all'asfissia ogni volta che insoffiando idrogeno od azoto depauperavano il sangue di ossigeno, immutato restando l'acido carbonico.

Influenza del 10.° pajo sull'azione del cuore. — Edoardo Weber scoperse pel primo, che eccitando il midollo allungato con una cor-

rente indotta, si rarefanno i movimenti del cuore fino a ridursi ad un silenzio diastolico. Tali movimenti ripigliano gradatamente la frequenza normale, tanto in seguito ad una eccitazione da poco tempo cessata, quanto per la stanchezza che si determina nei relativi conduttori nervosi, ad eccitazione persistente. Weber scoperse inoltre, che il tratto centrale, dalla cui eccitazione si ottengono questi effetti, si estende dalle eminenze quadrigemelle posteriori all'apice del calamo e che le vie nervose di trasmissione al cuore sono rappresentate dai vaghi, che (con esclusione del simpatico e del ricorrente) danno i medesimi effetti, tanto se vengano eccitati con una corrente indotta, quanto se lo vengano invece con agenti chimici o meccanici, quali ad esempio, la immersione dei loro monconi periferici nel cloruro di sodio, o l'applicazione ai medesimi del tetanometro di Heidenhain. Czermak ottenne anzi su sè stesso la rarefazione dei movimenti cardiaci, comprimendo i vaghi attraverso le parti molli del collo, ed io ebbi lo stesso effetto applicando al collo gli elettrodi di una corrente indotta. D'altra parte la recisione dei vaghi o la stretta legatura dei medesimi determina un considerevole aumento nel numero dei battiti cardiaci, che possono essere rarefatti eccitando il moncone sottoposto alla legatura o recisione, mentre invece riesce inefficace sul cuore la corrente applicata ad ogni punto, che dal centro nervoso si estenda lungo i vaghi fino al punto reciso o legato.

Da tali fatti dedusse Weber il corollario: che dall'indicato centro nervoso si trasmette pei vaghi al cuore una influenza moderatrice de' suoi movimenti, i quali si fanno più rari se aumenti lo stato di eccitazione e quindi la influenza moderatrice dei vaghi, più frequenti invece se colla loro legatura o recisione venga intercettata la trasmissione della influenza moderatrice dal midollo allungato al cuore.

Se non che, contro questa deduzione di Weber, Schiff e Moleschott, credendo di avere osservato che i menzionati effetti di eccitazione dei vaghi si abbiano soltanto nei casi di eccitazione relativamente forte, mentre invece ad eccitazione assai debole di questi nervi si avrebbero effetti opposti di aumento nel numero dei battiti cardiaci, opinarono: che i vaghi, anzichè moderatori, sieno nervi motori del cuore e che l'apparente loro azione moderatrice tenga allo stato di paralisi cui sono condotti da uno stimolo, il quale, se per la sua modica intensità agisce eccitando sugli altri nervi motori, agisce invece paralizzando sui vaghi in causa della loro facile esauribilità.

Per mia parte, io, che ho assistito alle sperienze di Moleschott,

quando inzeccando un ago nel denudato cuore di un coniglio ed applicando ai vaghi non isolati dai simpatici una corrente indotta ed attenuata dalla introduzione di un reocordo nel circuito, tentava determinare il numero delle pulsazioni cardiache dalle frequentissime oscillazioni dell'ago inzeccato, per mia parte, dico, debbo confessare: di non avere acquistata sul crescente numero delle pulsazioni cardiache per debolissima eccitazione dei vaghi, nemmeno una parte di quella piena convinzione che si acquista sul decrescente numero di queste pulsazioni per modica eccitazione dei medesimi nervi. Le oscillazioni dell'ago inzeccato, numerate ad alta voce, erano tanto frequenti da riuscire a mala pena numerevoli ad ogni tempo (di apertura o di chiusura) del circuito, motivo per cui diventava problematica la constatazione di un' eventuale aumento nel tempo della chiusura, molto più se una netta differenza fra i due tempi fosse stata elisa dalla circostanza, accennata da Moleschott, che il numero dei battiti non cominciasse a crescere, se non oltre $^1/_4$ o $^1/_2$ minuto dalla chiusura. V'è inoltre a considerare, che in questa maniera di sperimentazione, non erano eliminati gli eventuali effetti di una contemporanea eccitazione del simpatico. Ed è appunto da ulteriori sperienze di Bezold e specialmente di Pflüger (fatte queste ultime con assai più rigoroso metodo di applicazione, cioè, della punta del cuore al miografo) che è risultato: in niun caso di crescente numero dei battiti cardiaci per debole eccitazione dei vaghi, essere accertata la non diffusione della corrente ai simpatici, o al cuore, o ai centri nervosi: segnare sempre il miografo, coll'allontanamento delle curve di contrazione, una rarefazione dei battiti cardiaci anche a correnti debolissime, quali si possono ottenere avvicinando lentamente il secondario al primitivo rocchello d'induzione. Dall'applicazione di questo metodo è pur risultato a Pflüger: che il rallentamento, il quale, dal tempo di applicazione della corrente, comincia sempre dopo due battiti normali, devesi, com' è indicato dalle curve miografiche, ad un allungamento della diastole: che la forza dell'impulso non è sempre aumentata sotto la eccitazione dei vaghi, come si vorrebbe da Ludwig, ma può essere anche normale o diminuita, tuttochè sieno sempre assai deboli i primi impulsi conseguenti alla cessata o alla troppo protratta eccitazione. L'eventuale aumento d'impulso, anzichè ad un esaltamento dell'innervazione cardiaca, che, secondo Pflüger, sarebbe invece, sotto la eccitazione dei vaghi rappresentato da uno stato contrario, potrebbe essere devoluto ad una più energica contrazione conseguente al protratto riposo del muscolo, in causa dell'allungamento diastolico.

E notisi, con Bezold, che soltanto cogli eventuali aumenti d'im-

pulso cardiaco coincide l'aumento di pressione sanguigna, il quale, siccome quello che dipende dalla forza e dalla frequenza sistolica, dovrebbe pure aver luogo sotto le debolissime eccitazioni dei vaghi, se queste realmente portassero un aumento nel numero e nella forza dei battiti cardiaci.

Tagliando i vaghi, può succedere, che per l'irritazione apportata al loro moncone periferico precedano delle contrazioni più rare alle successive più frequenti. In ogni caso però è sempre immediato l'aumento della pressione sanguigna, la quale, nel tempo in cui le contrazioni sono più rare dovendo essere presumibilmente devoluta ad aumento d'impulso, potrebbe concorrere a dimostrare, che sotto la recisione dei vaghi l'attività del cuore fosse aumentata, tanto per forza di contrazione, quanto per frequenza di essa, e che quindi i vaghi anzichè presiedere all'attività cardiaca, ne fossero i moderatori.

Si vorrebbe da Schiff, che le fibre nervose, cui devesi il rallentamento dell'azione cardiaca per modica eccitazione dei vaghi, sieno diverse da quelle, cui devesi l'acceleramento di quest'azione per recisione dei medesimi. Egli ritiene che le prime di queste fibre spettino all'accessorio, in seguito alla cui estirpazione bilaterale non si otterrebbe più il rallentamento coll'eccitazione dei vaghi, mentre colla recisione si otterrebbe ancora l'acceleramento, sul quale la estirpazione degli accessorii non avrebbe influenza di sorta. Ulteriori sperienze di Heidenhain però, mentre avrebbero confermato: essere inattiva sul cuore la eccitazione dei vaghi dopo la degenerazione dei monconi periferici degli estirpati accessorii, avrebbero pur dimostrato, che l'estirpazione di questi nervi determina un aumento di frequenza del polso, il quale non crescerebbe, come vuolsi da Schiff, ma diminuirebbe sotto la eccitazione dei vaghi. Schiff avrebbe quindi il merito di avere richiamata l'attenzione sulla concorrenza degli accessorii all'azione cardiaca, la quale, secondo Heidenhain, in ciò che risguarda i vaghi, sarebbe intieramente ascrivibile alle fibre dell'accessorio contenute nei medesimi.

L'applicazione ai vaghi di correnti continue determinerebbe pure, tuttochè in vario grado a norma della loro direzione ed intensità, un rallentamento dell' azione cardiaca. A questo proposito si vorrebbe da Moleschott, che le correnti discendenti inducessero invece un effetto contrario, ma per ulteriori sperienze di Bezold, l'effetto delle correnti continue potrebbe riassumersi come segue:

Correnti ascendenti — Rallentamento alla chiusura di correnti deboli; nessun effetto alla chiusura di correnti forti.

Rallentamento all'apertura di correnti di qualsiasi intensità.

Correnti discendenti — Rallentamento alla chiusura di correnti di qualsiasi intensità.

Rallentamento all'apertura di correnti modiche; nessun effetto a quella di correnti troppo deboli e troppo forti.

Questi risultati coincidono in genere con quelli, che al § 54 I vedemmo ottenersi dall'applicazione di correnti continue ai nervi motori, ed è loro applicabile la medesima spiegazione, che in quello stesso § vedemmo riferirsi alla diversa estensione ed eccitabilità delle zone cata ed anelettrotonica.

L'analogia di contegno che sotto questo punto di vista i vaghi presentano coi nervi motori è avvalorata da altra prova, che dimostra lo stato di eccitazione e non di paralisi, in cui si trovano i vaghi sotto l'applicazione di correnti moderate. Quest'altra prova sta in ciò: che la eccitazione dei vaghi con correnti abbastanza intense, perchè ne vengano effetti di rallentamento dell'azione cardiaca, va congiunta a quella diminuzione d'intensità delle correnti derivate, che noi, al § 55 I, riconoscemmo propria dei nervi eccitati, mentre invece questa diminuzione d'intensità della corrente derivata dalla corrente propria del nervo non si osserverebbe in tutti quei casi, nei quali, per applicazione di eccitanti debolissimi, non si ottiene il rallentamento, sibbene il supposto acceleramento dell'azione cardiaca.

L'opinione che i vaghi sieno nervi motori del cuore doveva servire di fondamento ad una dottrina, che spiegasse il ritmo cardiaco, ammettendo: che le fibre dei vaghi eccitate alla loro periferia nel cuore determinassero la contrazione sistolica, alla quale, per facile esaurimento delle stesse fibre, succederebbe il rilasciamento diastolico, malgrado la non interrotta azione dello stimolo cardiaco. E sarebbe appunto per questa facile esauribilità dei vaghi, che raggiunta questa colla loro sovraeccitazione, lo stimolo cardiaco non li troverebbe più eccitabili, epperò le contrazioni sistoliche o si rarefarebbero o affatto si sospenderebbero. Schiff, autore di questa teoria, cercò sostenerla col tentativo di dimostrare, che qualsiasi nervo motore esaurito, aquista la proprietà di un nervo moderatore, quale appunto si vorrebbe essere il vago. A quest' uopo egli tetanizza elettricamente l'origine dell'ischiatico di una rana, fino a tanto che i muscoli dell'arto non più rispondano allo stimolo. Eccita allora lo stesso nervo alla periferia con chiusure di debole circuito, intercedenti ad ogni minuto secondo. I muscoli dell'arto, che non più rispondevano allo stimolo tetanizzante, rispondono invece con intercedenti contrazioni al più debole stimolo periferico, a cui pure non rispondono, se all'origine del

nervo venga riapplicata la corrente tetanizzante. In questo fatto lo Schiff vorrebbe vedere ripetuto l'esempio del cuore, il quale, paralizzato dall'esaurimento del vago, non risponde più allo stimolo cardiaco, ed è invece capace, come infatti si osserva, di riprendere le sue contrazioni, malgrado la persistenza dell'eccitamento centrale, non per suo esaurimento, come vorrebbero i moderatoristi, ma pel motivo, che il tratto periferico sotto-polare del nervo potrebbe riaversi, perchè non più eccitato in causa della perduta eccitabilità del tratto inter-polare. È però facile accorgersi che il paragone non regge, poichè pel vago il cuore riprende i suoi battiti malgrado la persistenza dello stimolo centrale (appunto in causa dell'esaurimento di un nervo moderatore) mentre invece per l'ischiatico le contrazioni hanno luogo al cessare dello stimolo centrale per riabilitazione delle fibre esaurite e mancano al riapplicarlo per esaurimento di esse. Pflüger ha inoltre constatata fra i due casi la essenziale differenza, che la prova sull'ischiatico non riesce quando il nervo venga tetanizzato meccanicamente, mentre invece non cessa di riuscire, anche con questo mezzo, la esperienza sul vago.

D'altra parte il vago eccitato non presenta quelli effetti che sono proprii invece degli eccitati nervi motori. Energiche infatti e tumultuose contrazioni dei muscoli corrispondenti precedono l'esaurimento di questi ultimi, mentre il cuore passa direttamente al rallentamento de' suoi battiti, con allungamento della diastole e diminuita pressione sanguigna od anche alla totale sospensione dei medesimi (a norma della intensità dello stimolo) con precedenza, tutt'al più, di qualche battito normale. Ad una eccitazione direttamente applicata ai muscoli non rispondono essi quando siano esauriti i loro nervi motori, mentre invece il cuore silente sotto la eccitazione dei vaghi, si contrae ad ogni minima eccitazione della sua stessa sostanza. Se il vago fosse un nervo cardiaco-motore tanto esauribile, dovremmo attenderci di condurlo, anche per un forte anelettrotono, ad un tale esaurimento, per il quale non potesse più rispondere allo stimolo cardiaco, mentre invece il cuore continua a pulsare sotto correnti ascendenti tutto che abbia vicinissimo l' anode.

Nè la teoria basata sulla natura cardio-motrice del vago prestasi meglio a spiegare il più frequente impulso, che da parte del cuore consegue alla recisione di questo nervo. Prescindendo a questo proposito dalla opposizione fatta da Heidenhain al pensamento di Schiff, che le fibre, alla cui recisione si deve l' acceleramento dell' azione cardiaca sieno fibre diverse dalle motrici (che sarebbero di provenienza dall' accessorio) prescindendo, dico, anche da questa opposizione, per ispiegare il fatto più unico che strano, del persistente

lavoro di un muscolo in seguito alla recisione del suo nervo motore, bisognerebbe ammettere: che un nervo così esauribile come il vago, possa mantenere per molti giorni una eccitabilità per lo meno normale nel suo moncone periferico. Nè meglio si presterebbe, per la sua eccezionalità ai nervi motori del cuore, la supposizione, che l'accelerata azione cardiaca dipenda dalla irritazione destata dal taglio e dalla conseguente flogosi del moncone periferico, prima di tutto per la persistenza dell'accelerato lavoro cardiaco in presenza di una irritazione momentanea, poi, perchè non v'ha ragione, che tanto questa, quanto la successiva flogosi, non abbiano ad indurre nel nervo quello stato di supposto esaurimento, che si ammette esservi indotto da stimoli meno efficaci. E sebbene le ricerche di Traube tendano a dimostrare, che il rarefarsi della respirazione per recisione dei vaghi e il conseguente accumularsi di acido carbonico nei polmoni, concorra ad eccitare l'acceleramento dell'azione cardiaca, pure non si può quest' ultimo ritenere come un effetto immediato della modificata respirazione, pel motivo, che esso consegue alla recisione dei vaghi tosto e quindi prima che nei polmoni abbia potuto accumularsi l'acido carbonico.

I fenomeni presentati dal cuore in seguito alla eccitazione o alla recisione dei vaghi, interpretati nel senso di attribuire a questi nervi una influenza moderatrice, schiusero l' adito ad un' altra teoria, la quale tuttochè desiderosa di ulteriore sostegno, non è, se non altro, in opposizione colle evidenti risultanze sperimentali, che le servono di fondamento. Questa teoria riconosce al midollo allungato la facoltà di mantenere le fibre cardiache del vago in uno stato permanente di eccitazione tonica, per la quale si eserciterebbe una influenza moderatrice, che spiegherebbe, come possa avvenire che in seguito alla recisione dei vaghi, si abbia indicato l' aumento dell' impulso cardiaco in quello della pressione sanguigna, prima ancora che aumenti il numero dei battiti.

Senza escludere che il cuore abbia delle fibre, che gli trasmettono da centri nervosi estrinseci ad esso una influenza motrice, la persistenza di ritmiche azioni in cuore isolato conduce ad ammettere la esistenza di centri motori intrinseci (automatici o riflessi) per noi menzionati ai §§ 13, 21 II, alle cui cellule nervose accederebbero le fibre moderatrici del vago e dalle cui cellule nervose emanerebbero fibre-motrici ed anche eccito-motrici, valevoli a spiegare la persistenza delle azioni riflesse del cuore anche in seguito alla sua paralisi per eccitazione dei pneumo-gastrici (§ 21 II).

Volendo considerare come regolata la disposizione di centri cardiaci nel senso, che ogni porzione auricolare e ventricolare del

cuore abbia il proprio centro, e che nella normale attività di questo viscere, l' azione del centro auricolare preceda e determini quella del centro ventricolare (come sembrerebbe risultare dalle sperienze di Stannius, di Goltz e di Nawrocki), volendo, dico, considerare come regolati questi punti, resta a determinarsi, come dei centri, che si supponessero automatici, entrino in azione, non essendo che relativo il significato inerente al loro predicato di automatico, pel motivo che non è concepibile la insorgenza della forza eccitante in questi centri, senza la sua derivazione da altra forza. Quest' altra forza è in ultima analisi paragonabile ad uno stimolo, che desta l' attività eccitante di un centro, il quale non sarebbe automatico, se non nel senso che non riconoscerebbe da fibre nervose l'attività eccitante. Goltz ha tentato dimostrare che fosse l' ossigeno diffuso nel sangue e nel liquido parenchimatoso del cuore, lo stimolo fisiologico dei centri cardiaci. Ammette la necessità del libero movimento degli umori parenchimatosi perchè si ottenga l' effetto e tenta spiegare il ritmo cardiaco supponendo, che dalla contrazione delle orecchiette pressi questi umori ai ventricoli, ne venga contrazione di essi per eccitazione del centro rispettivo, e rilasciamento delle orecchiette per paralisi del loro centro, indotta da deficenza di umori respinti ai ventricoli. Se invece, come molti opinano, un qualsiasi stimolo locale, anzichè direttamente sui centri cardiaci, agisca su fibre eccito-motrici che da questi centri emanassero, allora questi centri, anzichè automatici, dovrebbero dirsi riflessi.

E nulla osta a nostro avviso e con altri apparati nervosi sarebbe anzi meglio paragonabile quello del cuore, quando si considerassero i suoi centri nervosi come soltanto riflessi, ovvero come automatico-riflessi, escludendo la supposta duplicità di centri automatici e di centri riflessi. Questa supposizione che si credette reclamata dal fatto di poter destare un movimento ritmico del cuore stimolato con una puntura, quando esso è paralizzato per eccitazione dei vaghi o nei lunghi intervalli che intercedono tra le pulsazioni di un cuore esportato (§ 21 II), questa complicante supposizione cessa dall'essere necessaria quando si pensi, che un unico centro automatico-riflesso od anche soltanto riflesso, paralizzato al cospetto di uno stimolo fisiologico (come avverrebbe del cuore sotto la eccitazione dei vaghi) potrebbe reagire ad uno stimolo diverso e forse più forte quale sarebbe la puntura, come i nervi sensitivi della bocca soverchiamente eccitati, reclamano eccitanti più forti per ulteriori eccitazioni.

Contrariamente alla indicata opinione di Goltz, Traube sarebbe venuto per proprie ricerche alla conclusione: essere l'acido carbonico diffuso nel sangue l'eccitante naturale dei ritmici movimenti respira-

torii e cardiaci. Rispetto a questi ultimi, l'acido carbonico sarebbe tanto l'eccitante del centro moderatore nel midollo allungato, quanto del centro motore nel cuore. L'ossigeno del sangue invece sarebbe il necessario conservatore della eccitabilità di tutti questi centri e della contrattilità del muscolo cardiaco. Acido carbonico ed ossigeno dovrebbero quindi, per ciò che riguarda l' attività del cuore, agire oppostamente sui due centri, nel senso, che l'aumentata eccitabilità ed eccitazione del centro bulbare deve indurre una diminuzione del lavoro cardiaco, mentre invece un effetto opposto deve risultare dall' aumentata eccitabilità ed eccitazione del centro cardiaco. Il variante grado di ricambio gazoso nei polmoni deve quindi indurre sull' attività del cuore due opposti effetti, prima di tutto perchè ne derivano opposte variazioni nella proporzione dei gas sanguigni (la respirazione ostacolata induce nel sangue aumento di CO_2, didiminuzione di O e viceversa la respirazione estesa), poi perchè influiscono oppostamente sui due centri i contemporanei effetti dell' una o dell' altra variazione. Sottraendo il cuore all' influenza del centro moderatore mediante la sezione dei vaghi, e sottraendolo pure a quella della variante attività dei centri respiratorii mediante il worara, possiamo vedere isolati gli effetti che hanno sul cuore le varianti attività del ricambio gazoso, per modo da aversi, al sospendere della respirazione artificiale, dapprima un fortissimo aumento di pressione sanguigna e di frequenza di polso per accumulo di eccitante CO_2, poi diminuzione progressiva di pressione e di attività cardiaca, tanto per stanchezza nerveo-muscolare, quanto per deficenza di ossigeno. Effetti identici, che si ottengono a vaghi intatti, sono spiegati da Traube, ammettendo: che il centro motore venga eccitato da quantità di acido carbonico minore di quella che si esige per la eccitazione del centro moderatore ed ammettendo pure che l'attività di quest'ultimo cresca colla stanchezza del cuore. Tuttochè contrario alla legge di Pflüger del condensarsi la eccitazione lungo i nervi (§§ 60 e 61 I) Traube invoca in favore della prima di queste ammissioni la maggior via dei vaghi ed il conseguente aumento di resistenza alla trasmissione della eccitazione dal midollo allungato al cuore, in confronto della minor via dei nervi motori di quest' ultimo. Gli è di tal guisa, che la maggior forza della sistole e l' aumento di pressione sanguigna che tutt' a prima conseguono alla sospensione della respirazione a vaghi non recisi, sarebbero indizio, secondo Traube, della prevalente azione che l'accumulato acido carbonico ha sul centro motore, in confronto del centro moderatore, la cui influenza si manifesterebbe nella rarefazione del polso, mentre più tardi in questa stessa crescente rarefazione e nella

progressiva diminuzione della pressione sanguigna e dell' attività sistolica, si manifesterebbero gli effetti della prevalenza del centro bulbare e della stanchezza nerveo-muscolare del cuore. Parimenti si spiegano colla dottrina di Traube gli effetti di un ritmico insoffiamento di aria ricca di acido carbonico, o quelli di un ricambio gazoso più esteso mediante aumento nel numero delle respirazioni. Ma ove questa dottrina trova un valido appoggio sperimentale, si è nel fatto, del potersi, a vaghi recisi, ottenere il silenzio diastolico del cuore, mediante un sì forte aumento numerico di respirazioni, da indurre deficenza di eccitante acido carbonico, il quale, secondo Traube, anzichè direttamente sui centri, agirebbe sulla periferica distribuzione di fibre eccito-motrici, epperò i ganglii cardiaci dovrebbero essere considerati come puri centri di riflessione.

Una complementare spiegazione del ritmo cardiaco, interpretato alla maniera di Goltz, potrebbe pure emergere dalla dottrina di Traube, quando, anzichè all'ossigeno, si tributasse la facoltà eccitante all' acido carbonico diffuso negli umori parenchimatosi pressi dalle orecchiette ai ventricoli e viceversa nel tempo delle rispettive contrazioni.

La dottrina che considera come moderatrice la influenza dei vaghi sul cuore, oltre all' essere in armonia colle più evidenti risultanze sperimentali, non è in contraddizione con analoghe contingenze di azione moderatrice che si dispiega in altre parti del sistema nervoso. Sappiamo infatti come i moti riflessi possano essere moderati dalla volontà mediante fibre nervose di comunicazione fra centri psichici e riflessi; sappiamo anche come l' azione delle fibre moderatrici possa spiegarsi riflessoriamente sui centri riflessi e sappiamo finalmente come si ammettano da Setschenow speciali centri moderatori nei lobi ottici delle rane (§ 7 III). Sia ora che si considerino i ganglii cardiaci come centri automatico-riflessi, e meglio ancora come centri di sola riflessione, la facoltà che i vaghi avrebbero di moderarla, non sarebbe, sotto il rapporto della disposizione anatomica e dell'attività fisiologica, dissimile da quella, per la quale, delle fibre emananti dai centri psichici possonò moderare i movimenti riflessi del riso, della tosse, dello sternuto. Nè in base alla stessa disposizione anatomica vi sarebbe ragione per negare, che come le fibre del vago possono moderare l'attività di un centro di riflessione, così possano agire identicamente sovra un centro automatico-riflesso, moderando anche la sola attività automatica e lasciando integra la riflessa, come avverrebbe, quando si desta la contrazione in cuore paralizzato dei vaghi e stimolato. Che se per avventura si avessero dati per poter giudicare che l' azione moderatrice dei vaghi si di-

spieghi riflessoriamente su centri cardiaci automatici o riflessi, allora si avrebbe anche un condizionamento anatomo-fisiologico favorevole alla spiegazione del ritmo cardiaco, potendosi supporre che ad ogni contrazione dei ventricoli venissero eccitate le fibre eccito-motrici del centro moderatore, che determinerebbe la successiva paralisi diastolica dei medesimi, come ad ogni contrazione delle orecchiette succederebbe il loro rilasciamento per eccitazione riflessa del centro moderatore. Traube è pure della credenza che l'attività moderatrice del vago si dispieghi riflessoriamente, se nonchè, invece di considerare quale stimolo fisiologico delle rispettive fibre eccito-motrici una eventuale pressione determinata dalla contrazione, considera come tale lo stesso acido carbonico eccitatore delle fibre motrici del cuore; ipotesi questa, che non sapremmo, come la precedente, applicare alla spiegazione del ritmo.

A sostegno del loro principio fondamentale però, che cioè le fibre moderatrici del vago possano agire riflessoriamente, non mancano fatti sperimentali in quanto almeno riguarda la trasmissione che si farebbe al centro moderatore da fibre eccito-motrici di altre parti che non siano il cuore. Goltz, per esempio, induce il silenzio diastolico di questo viscere nella rana battendone lievemente e ripetutamente i denudati intestini. Questo effetto manca se s'interrompa la via delle fibre riflessorie al centro di riflessione od al cuore pei vaghi, mediante recisione del midollo allungato o dei vaghi medesimi. Esso non è costante se invece della eccitazione meccanica si adoperi la eccitazione elettrica o chimica dei tronchi nervosi decorrenti fra le pagine del mesenterio. A favore dello stesso principio Bernstein ha pur tentato dimostrare sperimentalmente che il tono dei vaghi si esercita per via riflessa. Eccitando elettricamente il cordone simpatico addominale al punto di congiunzione delle due aorte, egli ottenne il silenzio diastolico, che pur mancava a distrutto midollo allungato o a vaghi recisi. Le fibre simpatiche di riflessione sul centro moderatore entrerebbero, secondo Bernstein, pei rami comunicanti nel midollo spinale, quasi tutte a livello fra 3ª e 6ª vertebra, poche più in alto, e pel midollo spinale decorrerebbero al centro di origine dei vaghi. Pare che queste fibre non procedano nel simpatico al disotto del punto indicato (di congiunzione delle due aorte) e pare debbansi ritenere quelle stesse che vengono meccanicamente stimolate nella sperienza di Goltz, poichè questa non riesce, se al di sopra di questo punto venga reciso il simpatico. Anche Bernstein ottenne il silenzio diastolico eccitando alcune diramazioni del simpatico, che dal punto indicato accompagnano l'arteria mesenterica. Identici risultati non

si avverarono, com'era presumibile, pei mammiferi a riguardo del nervo splancnico, tuttochè sembri che alcune fibre di riflessione sui vaghi si contengano per essi nel simpatico cervicale, essendosi ottenuto, dalla eccitazione del moncone centrale di questo nervo reciso, diminuzione di frequenza e d'impulso cardiaco, effetto questo che manca, se stabilita la respirazione artificiale si distrugge il midollo allungato o si recidono i vaghi. Bernstein però opina, che le risultanze negative della eccitazione del simpatico addominale e toracico dei mammiferi dipendano dalla circostanza, che nel medesimo si contengono fibre motrici, che agirebbero sul cuore in modo antagonistico a quello delle fibre riflessorie. È poi opinato dallo stesso Bernstein, che queste fibre riflessorie del simpatico, anzichè agire interpolatamente sui vaghi ad ogni loro eccitazione normale o patologica, agiscano invece per non interrotta eccitazione, nel senso, di mantenere a questi nervi il loro tono. Questa opinione sarebbe basata sul risultato sperimentale, che Bernstein vorrebbe avere raggiunto, di non avere, cioè, ottenuta la frequenza maggiore dei battiti cardiaci per sezione dei vaghi, quando fossero state previamente recise le fibre riflessorie (determinanti il tono), mediante recisione del simpatico cervicale, del midollo allungato al disotto del nucleo d'origine dei vaghi e mediante estirpazione dello splancnico. Resta a dimandarsi come sieno determinabili e come interpretabili delle variazioni nella frequenza dei battiti cardiaci, sotto la influenza di così gravi operazioni.

Del resto, volendo anche prescindere dalla rigorosa dimostrazione sperimentale di fibre eccitatrici dei centri moderatori del cuore, la esistenza generica di tali fibre non solo, ma anche di eventualmente moderatrici dei centri medesimi, dovrebbe risultare dalla diversa frequenza con cui il cuore reagisce ad influenze, che non agiscono direttamente sul viscere, come avviene, per esempio, della maggior frequenza nel dolor fisico, della minore nel dolore morale. Se non che, come dalla minor frequenza che si provoca colla eccitazione di alcune fibre si desume la loro azione eccitatrice riflessa sul centro moderatore, così dovrebbe desumersi l'azione opposta delle molte fibre che oppostamente si comportassero alla eccitazione. La maggioranza infatti delle più comuni eccitazioni provoca di prevalenza un aumento di frequenza dei battiti cardiaci; ne sono prova tutte le eccitazioni dolorifere, la maggior parte delle eccitazioni psichiche, non che le eccitazioni della mucosa gastro-intestinale. Qui sarebbe appunto a determinarsi, se le corrispondenti fibre nervose, anzichè paralizzare un centro moderatore, non agiscano invece eccitando riflessoriamente un qualsiasi centro motore del cuore.

Tuttochè non ispetti a questo §, pure, a complemento dei nervi e della innervazione del cuore, e quindi a complemento anche del § 21 II, crediamo opportuno di aggiungere qualche parola sulle sue fibre motrici e sensitive.

Non è bene accertato ancora, ma pare che le fibre motrici del cuore si contengano principalmente nel simpatico, o quanto meno, che dal simpatico si ridesti prevalentemente l'aumento dell'attività cardiaca. Non s'intende dire con questo che le fibre, le quali vanno al cuore da diverse provincie del simpatico, ritraggano dai loro centri d'origine una tale attività, per la quale presiedono alle contrazioni ritmiche del viscere. Si oppone a questa ammissione il fatto del continuare le contrazioni ritmiche del cuore esportato. S'intende dire soltanto, che le fibre del simpatico agiscono sul cuore aumentando piuttosto, che diminuendo la sua attività, quindi agiscono di prevalenza oppostamente che analogamente al vago.

Diciamo di prevalenza, perchè lo stesso Bezold, che venne per numerose ricerche a questa conclusione, trovò qualche volta il simpatico inattivo sul cuore, qualche volta attivo nel senso dei vaghi, vale a dire moderatore del numero e della forza dei battiti cardiaci. Ciò vale specialmente pel simpatico cervicale, a proposito del quale Bezold ebbe qualche volta a rilevare, che la eccitazione del moncone periferico del simpatico di un lato agiva sul cuore in un senso opposto a quello in cui rispondeva alla stessa eccitazione il moncone periferico del lato opposto. È ignoto il motivo di questa varietà di contegno del simpatico cervicale verso il cuore, non potendosi, per l'esposto fatto della opposta azione dei due simpatici cervicali nello stesso animale, annettere un valore causale alla conclusione, cui vorrebbe essere giunto Bezold: che nei diversi animali, cioè, il simpatico cervicale contenga fibre di opposta azione tonico-eccitante o moderante sul cuore. Piuttosto conveniamo con lui nell'ammettere, che il sì frequente rispondere del cuore alle eccitazioni psichiche, con aumento della propria attività, anzichè da paralisi del centro moderatore, possa dipendere da eccitazione dei centri motori cardiaci per opera di fibre decorrenti nelle vie del simpatico.

Al cuore non derivano nervi soltanto dalla porzione cervicale, ma anche dalla porzione toracica e lombare del simpatico, per fibre, le quali partendo dal midollo allungato e discendendo nel midollo spinale fino alla regione lombare, passerebbero a diverse altezze al cuore per le vie del simpatico. Questa parte pure del sistema simpatico del cuore agirebbe di prevalenza eccitandone i movimenti, come si evince: dal maggior numero dei battiti cardiaci e maggior pressione arteriosa eccitando il midollo allungato in animali a va-

ghi e simpatici cervicali recisi e sottoposti alla respirazione artificiale: dal minor numero invece dei battiti e diminuita pressione sanguigna dopo qualche tempo che in animale così disposto si è reciso il midollo spinale cervicale, con restituzione del primo effetto, eccitando il moncone periferico del midollo reciso. Procedendo gradatamente alla recisione ed eccitazione di parti sempre più inferiori del midollo spinale, Bezold giunse a dimostrare l'esposto assunto, che fibre cardiache di provenienza dal midollo allungato discendono pel midollo spinale fino alla porzione toracica e lombare di esso, prima di raggiungere il cuore. La decorrenza di queste fibre nel simpatico risulta dai mancati effetti della eccitazione spinale quando siano tolte le sue comunicazioni col simpatico, non che dalla manifestazione di questi effetti eccitando lo stesso simpatico; come la primitiva derivazione di queste fibre da un centro posto nel midollo allungato risulta dalla persistenza dei menzionati effetti emergenti dalla sua eccitazione, anche quando il midollo allungato sia isolato dalle restanti parti della massa encefalica.

Bezold desume il tono eccitante, che questo centro automatico del midollo allungato eserciterebbe sui centri motori del cuore, dal rapidissimo decrescere dei battiti e pressione sanguigna in seguito a separazione del midollo allungato dallo spinale, tuttochè la respirazione (artificiale) si mantenga invariabile, ed attribuisce a questo centro il frequentarsi dei battiti cardiaci sotto l'influenza di alcune condizioni psicologiche, quali, ad esempio, l'ira, il timore, ecc. Questo effetto egli deriva da comunicazione dei centri psichici rispettivi col centro bulbo-motore del cuore, su cui agirebbero eccitando e sul quale invece agirebbero paralizzando le fibre eccito-motrici del vago, come evincesi dal fatto, che eccitando il moncone periferico di questo nervo a bulbo isolato dalla massa encefalica, si ha diminuzione di numero e di forza dei battiti cardiaci, come quando si separa il midollo allungato dallo spinale.

Prescindendo dall'oscurità in cui siamo sul modo di agire di questi centri motori extra-cardiaci, le cui fibre non agirebbero direttamente sulle fibre muscolari del cuore, ma indirettamente eccitando i centri motori intra-cardiaci, prescindendo dico dall'oscurità in cui siamo sul modo di agire di questi centri motori extra-cardiaci, non è nemmeno accettabile incondizionatamente, quanto dalle accennate sperienze Bezold vorrebbe risultasse a proposito della loro azione indiretta. Lo stesso Bezold tentò eliminare la principale obbiezione ch'egli mosse a sè medesimo: che, cioè, nel midollo allungato decorrano fibre vaso-motrici, dalla cui paralisi per recisione derivando ampliamento del letto sanguigno, s'avrebbe diminuzione di

pressione, mentre, per ragione opposta, coartandosi alla eccitazione, s'avrebbe aumento di pressione, che provocherebbe secondariamente aumento numerico dei battiti cardiaci.

Bezold credette eliminata questa obbiezione dal fatto sperimentale, per lui stabilito, che legando l'aorta addominale e limitando quindi il letto sanguigno, l'aumento di pressione è molto piccolo in confronto di quello che si determina colla eccitazione del midollo allungato, ed è pure incomparabilmente minore l'aumento numerico dei battiti cardiaci. Contro queste risultanze di Bezold, Ludwig e Thiry ebbero però a dimostrare incontrastabilmente: 1.° Che la eccitazione del moncone periferico del reciso midollo cervicale, in animali curarizzati a vaghi e simpatici cervicali recisi, determina un considerevole stringimento e perfino l'occlusione di tutti i rami dell'aorta con resistenza paragonabile a quella che si avrebbe legando l'aorta toracica. 2.° Che distruggendo per via galvano-caustica tutti i nervi del cuore, si hanno, per eccitazione di detto moncone, variazioni numeriche delle pulsazioni analoghe a quelle che si ottengono senza distruzione dei nervi cardiaci, con aumento di pressione arteriosa, tuttochè non tale, quale si ottiene senza distruzione di nervi.

Se tali risultanze, pei minori effetti che sul numero dei battiti e sulla pressione sanguigna si ottengono a nervi cardiaci cauterizzati, non distruggono affatto il valore delle ricerche e delle illazioni di Bezold, traggono però a considerare, che gli effetti da lui attribuiti a centri motori extra-cardiaci, possono essere in parte anche ascrivibili a fibre vaso-motrici.

S'interpretano come segni obbiettivi di una lieve sensibilità del cuore i moti riflessi che insorgono alla sua eccitazione, epperò vi si ammettono delle fibre sensitive, la cui presenza vorrebbesi accertata da Goltz, che nel cuore di rana avrebbe trovata massima la sensibilità in corrispondenza del seno delle cave, decrescente di quivi per le orecchiette al ventricolo, minima alla punta.

Si desume che le fibre sensitive del cuore sieno contenute nei vaghi dalla circostanza, che mancano le manifestazioni riflesse della sua sensibilità quando si stimoli il cuore a vaghi recisi.

L'aumento del lavoro cardiaco accennato in questo articolo, quale effetto della recisione dei vaghi, si riferisce tanto all'aumento di numero, quanto a quello di forza delle sistoli. Ciò sembrerebbe in contraddizione con quanto è detto ai §§ 21 e 59 II, se non fosse soggiunto che infatti, appena recisi i nervi, una maggior vigoria dell'impulso cardiaco potrebbe essere indicato dall'aumento della pressione sanguigna, la quale però diminuisce ben tosto al di sotto di quel che era a vaghi non recisi, tutto che

si mantenga l'aumentata frequenza delle sistoli. Questo assunto che io aveva già constatato, fu pur dimostrato da Moleschott in un suo recente lavoro sperimentale.

Influenza del 10.° paio sulla digestione. — Sono registrate ai §§ 117 e 133 I, le principali cognizioni che si hanno intorno alla influenza dei vaghi sulla secrezione e sull'assorbimento gastrico, sulla sensibilità e sulla motilità gastro-intestinale, mentre al § 125 I, è menzionata la eventuale influenza che si vorrebbe spiegata dai vaghi sulla glicogenesi epatica.

Essendosi però fatte per noi molte sperienze sulla influenza dei vaghi nel determinare la contrazione di molti sistemi di fibre muscolari spettanti agli organi addominali, ci sia lecito riferirne i risultati.

Influenza del 10.° pajo sulla contrazione gastro-enterica — Principale risultato delle nostre sperienze è quello, di avere noi ottenuta nel cane la contrazione del ventricolo e dell'intestino, colla eccitazione elettrica intra-cranica del vago, tanto diretta, quanto paradossa, per eccitazione del vicino fascetto di fibre bulbari dell'accessorio.

La iniezione dei narcotici nelle vene (morfina), determina tutt'a prima una esaltazione dei movimenti gastro-intestinali, che dopo essere insorti spontaneamente, o mancano affatto, o rispondono più debolmente alla eccitazione cervicale dei vaghi. Primi a scomparire pei narcotici sono i movimenti dell'intestino, poi quelli dello stomaco. Parebbe quasi che l'oppio, anzichè agire direttamente sulla eccitabilità motrice delle fibre del vago, spieghi preferibilmente la propria influenza su quell'apparato periferico (a noi sconosciuto nella sua essenza fisiologica, ma noto in parte nella sua forma anatomica) nel quale, dalla reciproca solidarietà delle fibre del vago e delle fibre di provenienza simpatico-spinale, risulta probabilmente la forma ritmica del moto. Nell'intestino infatti, in cui prevale questa forma di movimento, abbiamo verso i narcotici una sensibilità maggiore, che non nello stomaco, alle cui fibre dal vago è permessa una influenza più diretta nel determinare una contrazione del viscere a forma meno ritmica.

L'etere inalato agisce come l'oppio, sottraendo lo stomaco e l'intestino all'influenza motrice del vago, il quale, ai minori gradi di eterizzazione esige, per l'insorgere di tale influenza, una corrente più intensa di quella che si esige per ottenere nello stesso animale effetti di sensibilità o di motilità dalla eccitazione dell'ischiatico.

Pare che come le fibre motrici del vago resistono all'azione dei narcotici meno delle fibre motrici dei muscoli volontarii (fibre del-

l'ischiatico) così sieno anche capaci i monconi periferici delle prime, di mantenersi eccitabili più a lungo che non i monconi periferici delle seconde. Mentre infatti avviene in genere, che a breve tratto dalla superficie di sezione, non sia più eccitabile un nervo motore due o tre giorni dopo la sua recisione, mi avvenne pei vaghi di poter destare il movimento gastro-intestinale eccitando il moncone periferico di questi nervi, che erano stati recisi 10 giorni prima in un cane. Questo fatto concorre a spiegare, come sia possibile la continuazione del movimento gastro-intestinale anche dopo la recisione dei vaghi.

Influenza del 10.° pajo sulla contrazione dei villi intestinali. — Nel corso delle nostre sperienze sul vago, avevamo più volte osservato, che la mucosa intestinale degli animali sottoposti alla eccitazione galvanica di questo nervo alla regione cervicale, presenta una superficie scabra, granulosa, fatta come a graticcio per le molte circoscritte prominenze che si elevano sul piano di essa.

Osservando con una lente semplice la mucosa del cane digiuno, la si vede presentare una superficie levigata e come segnata da linee variamente ricurve e variamente dirette. Dipende questo particolare aspetto dalla circostanza, che i lunghissimi villi del cane, quando l'animale è digiuno, non stanno punto eretti sul piano della mucosa, ma stanno longitudinalmente adagiati su questo piano. Non sapremmo dire se ogni villo cadendo rilasciato sulla mucosa diriga sempre nello stesso senso il proprio asse longitudinale, ma quello che è certo si è, che in questa condizione di rilasciamento i villi non hanno tutti la medesima direzione. Alcuni infatti si dirigono in senso opposto verso la parte alta o bassa del tubo intestinale, altri trasversalmente od obliquamente all'asse del medesimo; molte volte dei villi diretti in un senso s'incontrano e s'ingranano colle punte di altri villi, che vengono loro d'incontro; molte altre volte sembra avvenire che da un ceppo comune i singoli membri di un sistema di villi divergano in opposte direzioni, come avverrebbe dei petali di un fiore soffiato nel centro; molte altre volte finalmente veggonsi i villi descrivere in questo loro stato di rilasciamento delle linee più o meno curve, e qualche volta un sistema di essi dar luogo ad una specie di disposizione vorticosa.

In questo stato di rilasciamento e di adagiamento sul piano generale della mucosa, i villi sono tutti a contatto fra di loro, per cui non è che colla lente che si osservano delle linee oscure esprimenti i solchi che intercedono fra un villo e l'altro, linee oscure, le quali devono naturalmente corrispondere nelle loro multiple direzioni alle varianti direzioni dei villi, dai quali sono esse appunto determinate.

Se con una punta ottusa qualunque si striscia sovra una mucosa di tale aspetto nell'animale vivo, si vede rimanere per qualche tempo l'impronta lineare lasciata dalla trascorsa punta, e se si osserva alla lente questa impronta, la si vede determinata da una parziale elevazione sul loro asse longitudinale dei villi, con questo mezzo meccanicamente stimolati. Se alla trascorrente punta si sostituiscono due elettrodi, sarà facile il vedere, come nello spazio compreso fra i medesimi, la mucosa, da levigata che era ed avente in genere l'accennato aspetto proprio dei villi rilasciati, diventi gradatamente granulosa per elevazione dei villi molto più completa di quello che abbia prodotto una semplice e diretta eccitazione meccanica.

Io mi era già accorto di uno stato di erezione dei villi intestinali nel coniglio, in seguito alla galvanizzazione del vago alla regione cervicale di questo animale. In causa però del grande sviluppo che hanno nel medesimo le ghiandole di Lieberkühn, vengono ad essere, per la prevalenza dell'aspetto impartito da queste ghiandole, meno facilmente rilevabili le differenze che potessero risultare alla mucosa dallo stato di contrazione o di rilasciamento dei villi, che si elevano sulla superficie della medesima.

Fu allora che avendo osservato lo stesso fenomeno nei cani, il cui tenue è nella sua parte superiore ricchissimo di villi assai sviluppati, mi prevalsi di questo animale per statuire con certezza la influenza dei vaghi sullo stato di erezione dei villi.

Posseggo a tale proposito molte osservazioni fatte sui cani, che venivano impiegati a diverse sperienze sul pneumo-gastrico, e da queste osservazioni aveva dedotta la convinzione individuale, che la galvanizzazione di questi nervi alla regione cervicale avesse una influenza palese nel determinare l'erezione dei villi. Però stava di contro ad una tale convinzione il dubbio, che la contrazione dei villi potesse dipendere dagli stessi maneggi che si adoperavano sull'intestino per mettere allo scoperto questi ultimi, ovvero che potesse essere un fenomeno concomitante la contrazione intestinale, che eventualmente si determinasse nell'animale morente. Fu allora che con apposite sperienze comparative pensai di accertare la influenza del vago nel destare la contrazione dei villi intestinali. Per tali sperienze recidevansi i vaghi in due cani, dissanguavansi 48 ore dopo coll'apertura delle carotidi e galvanizzavansi quindi in uno di essi i monconi periferici dei vaghi per circa 10 minuti. L'aspetto granuloso, che abbiamo detto dipendere dalla contrazione dei villi, vedevasi senza lente nel cane galvanizzato, mentre nell'altro esso mancava intieramente; adoperando la lente era possibile accertarsi

come in quest' ultimo i villi si vedessero nella intiera loro longitudine, perchè rilasciati e decumbenti sul piano della mucosa; nell'animale galvanizzato invece, osservando colla lente la mucosa di prospetto, non si vedono che le punte dei villi, arrossate da un po' di sangue stanziante nelle loro estremità. In questo caso il dubbio che lo stato di erezione dei villi avesse potuto essere un fenomeno concomitante un non osservato moto vermicolare determinato dal dissanguamento, era eliminato dal fatto, che nell'altro animale pure dissanguato, ma non galvanizzato, i villi intestinali erano in uno stato di perfetto rilasciamento. Questa stessa circostanza escludeva pure il dubbio che l' apertura dell' intestino avesse potuto influire nel determinare lo stato eretistico dei villi, mentre il dissanguamento veniva alla sua volta a provare, che una eventuale influenza diretta del vago sui muscoli dei vasi sanguigni addominali, ovvero una indiretta influenza per compressione dei medesimi, operata dalla eccitata contrazione dell'intestino, non era quella, che in questo caso premendo il sangue nel villo, inducesse nel medesimo uno stato di erezione puramente passivo. In alcune di tali sperienze si ebbe anche la controprova, poichè fu possibile, colla successiva galvanizzazione dei vaghi nel cane che aveva servito di confronto, ottenere che i villi assumessero il medesimo aspetto che già avevano assunto nel cane primitivamente galvanizzato.

L'attenta osservazione dei pezzi mi condusse eziandio alla convinzione, che a quella dei villi si concomiti una contemporanea contrazione dello strato muscolo-mucoso, se questo almeno è desumibile dalla circostanza, del doversi attribuire ad una contrazione del sottostante tessuto l'apparenza soverchiamente spiccata, colla quale si elevano dal medesimo i villi.

Per quasi unanime accordo di quelli che si occuparono degli effetti derivanti dalla bilaterale sezione dei vaghi, è ammesso in seguito ad essa un grave nocumento all'assorbimento intestinale ed all'assimilazione. Le ultime sperienze di Schiff tenderebbero a dimostrare, non essere queste azioni in sì alto grado compromesse, come generalmente ritiensi, quando si recidano i vaghi al cardias; ma il fatto stesso del rapido dimagramento anche nei casi eccezionali di potratta sopravvivenza, e quello pure dell' abbassamento di temperatura e di alterazioni ematiche riscontrate da Nasse, concorrono a dimostrare una profonda lesione di quell'organico trofismo, che deve riconoscere nell'attività dell'assorbimento intestinale (sperimentalmente riconosciuto indebolito da molti sotto la recisione dei vaghi) uno de' suoi momenti costitutivi.

Noi non vogliamo certamente ritenere che la inerzia dell' assor-

bimento si debba intieramente alla diminuita energia di contrazione dei villi, molto più, se come abbiamo veduto più addietro, rimane possibile, colla contrazione dell'intestino, anche quella dei villi per eccitazione periferica delle fibre del vago, ma non possiamo a meno di riconoscere, che questa condizione dei villi, unitamente all'alterata motilità generale dell'intestino e forse anche ad una modificazione delle condizioni endosmotiche, provocata dalle alterazioni ematiche, possa per sua parte gravemente influire nel compromettere l'attività dell'assorbimento.

Influenza del 10.° *pajo sulla contrazione delle pareti dei vasi sanguigni.* — Il 10.° pajo contiene delle fibre innervatrici dei muscoli che entrano alla formazione della tonaca media dei vasi sanguigni, specialmente arteriosi, dei polmoni e di varii organi contenuti nella cavità dell'addome. Schiff fu il primo a ripetere dalla paralisi di questi muscoli la iperemia che si determina nei polmoni in seguito alla recisione dei vaghi alla loro uscita dal cranio. Questa iperemia con dilatazione dei vasi corrispondenti non è di egual grado in tutto l'ambito dei polmoni, ma è sempre più rimarchevole in circoscritte chiazze dei medesimi. Schiff ha dimostrata la coesistenza loro in ambo i polmoni, anche quando sia reciso un solo vago, e ciò per lo scambio che si darebbero le fibre di questo nervo nei ganglii periferici. Tuttochè la insorgenza di questa iperemia possa in parte dipendere dall'aumento di pressione negativa sui vasi toracici per lo sforzo inspiratorio, e dalla conseguente affluenza di sangue ai medesimi, è affatto impugnabile che tenga a passaggio nelle vie aeree di liquido buccale o di residui alimentari, avendola Valentin osservata negli animali ibernanti, ed avendone Schiff ottenuta la correzione, per costrizione di vasi, determinata colla eccitazione dei monconi periferici dei vaghi previamente recisi. Da nostre sperienze sui conigli, risulterebbe però, che le fibre vaso-motrici dei polmoni deriverebbero al vago dall'accessorio, avendo noi osservata in seguito alla estirpazione di questo nervo (senza lesione del vago) la dilatazione generale dei vasi polmonari, l'enfisema e l'edema polmonare, che noi avevamo di già, mediante i segni stetoscopici, diagnosticato durante la vita dell'animale.

Di primitiva spettanza del vago o di provenienza dall'accessorio, nel primo di questi nervi contengonsi anche fibre motrici dei vasi addominali, poichè recidendo i vaghi alla regione cervicale, s'induce una iperemia nei villi e fissando l'attenzione sovra un tratto circoscritto della esterna superficie dell'intestino, veggonsi arrossarne maggiormente i vasi e comparirne anche di nuovi, mentre l'opposto effetto si ottiene galvanizzando i monconi periferici dei nervi

recisi. Le stesse arterie mesenteriche, osservate specialmente nel cane, non si sottraggono a queste influenze, che sono specialmente determinabili in ciò che riguarda la costrizione conseguente alla eccitazione. Applicando infatti al moncone periferico dei vaghi recisi alla regione cervicale una corrente di modica forza, veggonsi, specialmente negli animali giovani, non solo restringersi le arterie al punto da ridursi ad esili e bianchi filamenti, che sembrano per il loro aspetto accennare alla totale scomparsa del lume dell'arteria, ma veggonsi pure questi vasi accorciarsi per modo da diminuire grandemente e da scomparire quasi affatto le loro anche più sentite inflessioni, con formazione di raggrinzamenti trasversali nei tessuti che più davvicino circondano le arterie.

Per eliminare il sospetto che lo stringimento e l'accorciamento delle arterie mesenteriche sotto la eccitazione dei vaghi, anzichè da diretta influenza motrice di questi nervi, dipendesse da rallentata od arrestata circolazione, per corrispondente rallentamento od arresto dell'azione cardiaca, sperimentammo in tre diverse maniere: 1.° Paragonammo con quello che si ottiene per eccitazione dei vaghi, il grado di stringimento ed accorciamento delle arterie mesenteriche, per semplice arresto di circolazione ottenuto mediante pressione sull'aorta. 2.° Paragonammo il grado di stringimento ed accorciamento delle arterie mesenteriche con quello, che per rarefazione od arresto di circolo, avviene in altre arterie extra-addominali non soggette alla innervazione dei vaghi. 3.° Rilevammo il grado di stringimento ed accorciamento che si ottiene galvanizzando i vaghi raccoltisi oltre il cuore in cordoni esofagei, la cui eccitazione non induce rallentamento od arresto di circolo. Colla prima sperienza riscontrammo che le curve arteriose si correggono alquanto, ma fra questo minimo grado di correzione e la totale scomparsa, quale avviene eccitando i vaghi, v' ha una tale differenza che è rilevabile dall' occhio più volgare. Dalla seconda esperienza ritraemmo, che mentre sotto la eccitazione cervicale dei vaghi le arterie mesenteriche sono suscettibili di accorciarsi di circa 0,2 del tratto misurato, l'arteria femorale invece non si accorcia che di circa 0,08. Galvanizzando finalmente i cordoni esofagei al cardias (nel cane) vedesi il fissato vaso mesenterico, mostrare meno evidente la diastole e la sistole, per cui diminuisce la propria curva (in minor grado che nella galvanizzazione cervicale) impicciolisce ed impallidisce, compiendo però sempre dei piccoli moti sistolici. Hanno poi di particolare questi moti di non essere isocroni con quelli del cuore, ma di ripetersi con una celerità incommensurabile, la quale, congiunta alla poca evidenza delle modificazioni sistoliche e diastoliche del

vaso, finisce coll'impartire al medesimo l'aspetto di un cordone muscolare tetanizzato. Questi effetti, oltrecchè nelle arterie mesenteriche in genere, si osservano nella coronaria inferiore destra del ventricolo, specialmente sotto la eccitazione del cordone esofageo posteriore.

Queste contrazioni delle arterie, che per la loro indipendenza dalla sistole cardiaca abbiamo chiamate *autonome*, furono pure osservate da Schiff nelle arterie auricolari del coniglio. Messe in relazione causale con uno stato di eccitazione fisiologica o sperimentale dei nervi vaso-motori, possono aumentare la conduzione sanguigna all'una o all'altra parte del corpo, determinando iperemie statico-dinamiche, le quali si concomitano ad aumento di produttività degli organi corrispondenti (come osservasi, per esempio, nel ventricolo al tempo della digestione) degenerando anche nella tumultuosa produttività della flogosi. Ammesso una volta che queste iperemie statico-dinamiche possano insorgere, come spessissimo insorgono inavvertitamente per riflessione periferica nei numerosi ganglii dei nervi vasali, veniamo ad avere completata la interpretazione fisiologica dei cardinali elementi nerveo-vascolari, cui esse tengono.

Per le arterie addominali poi ci è sembrato, che oltre alle loro contrazioni autonome, capaci di determinare l'iperemia fisiologica del processo digestivo, potesse avere non minore importanza e trovarsi anzi in rapporto colla necessità di questa iperemia fisiologica il loro accorciamento. E infatti avviene prima di tutto per questo accorciamento attivo delle arterie, che più o meno si elidano le loro curve e che sia quindi facilitato il passaggio del sangue al sistema capillare; poi si verifica pure a nostra opinione quanto segue. Per la grande mobilità degli organi ai quali appartengono, le arterie del sistema gastro-intestinale dovevano decorrere flessuose, onde non venissero a soffrire uno stiramento negli eventuali aumenti di spazio, che la contrazione o la distensione dei rispettivi organi determinasse. Vediamo assai chiaramente verificarsi gli effetti d'una tale necessità nelle assai tortuose arterie delle pareti del ventricolo, i cui vasi aumentano di lunghezza a spese delle loro curve quando il viscere viene ad essere disteso dagli alimenti. Questa esigenza di un decorso assai tortuoso delle arterie gastro-intestinali sarebbe però riuscita dannosa, quando in una condizione opposta, emergente sempre dalla mobilità degli organi a cui queste arterie appartengono, fossersi, col diminuito spazio compreso fra due punti fissi del loro decorso, fatte necessariamente più sentite le loro curve, e minacciata quindi la conveniente irrorazione sanguigna di quella parte,

a cui si distribuisce l'arteria, e che quando attivamente funzionasse, avrebbe pur bisogno di trovarsi in uno stato di iperemia fisiologica. Ove sotto tali condizioni venga ad essere in facoltà dell'arteria di correggere colla contrazione delle proprie pareti quelle curve, che l'accorciantesi spazio tenderebbe ad aumentare, non solo verrebbe, pei diminuiti ostacoli all'onda sanguigna nella correzione di queste ultime, ma anche per l'accorciamento di via, facilitato il compimento della iperemia fisiologica agli organi digestivi. Considerata quindi la reale esistenza del fatto, che colla stimolazione del pneumo-gastrico si hanno evidenti fenomeni di contrazione delle arterie addominali; considerato lo scopo ultimo della iperemia fisiologica, a cui condurrebbe una ritmica ed autonoma sistole delle arterie, non che una tale contrazione di esse, per la quale venissero le loro curve a più o meno correggersi; considerato finalmente come tali necessità insorgano quando per la presenza degli alimenti deve ridestarsi l'azione fisiologica del tubo gastro-intestinale, nulla di più verosimile, che per questa istessa presenza degli alimenti, come la esperienza dimostra potersi riflessoriamente eccitare l'attività delle ghiandole salivari, così per una azione riflessa sulle fibre vaso-motrici contenute nel vago, venga nel tempo della digestione a determinarsi l'iperemia fisiologica degli organi digerenti.

Un'azione motrice riflessa dal ventricolo ha pur luogo sul cuore durante la digestione, e ne risulta l'aumento nel numero dei battiti cardiaci in un dato tempo. La contrazione autonoma delle arterie addominali viene in aiuto della eccitata azione cardiaca: 1.° Perchè restringendosi periodicamente ed accorciandosi le arterie, si accelera la circolazione periferica, che il cuore tende pure ad accelerare coll'aumentato numero delle sue azioni. 2.° Perchè il periodico restringimento delle arterie conduce alla iperemia periferica ed all'aumento di pressione, che il cuore tende pure a produrre coll'aumentato numero delle sue contrazioni. Effetti di queste azioni vengono ad essere necessariamente: 1.° Una maggiore attività dell'assorbimento, che cresce sempre in ragione della quantità di sangue che in un dato tempo passa per la superficie assorbente. 2.° Una maggiore attività della secrezione per la maggior copia di sangue e per la maggior pressione a cui trovasi esso sottoposto nei vasi periferici. 3.° Un trasporto dei materiali assorbiti sì dal sistema chilifero che dal venoso della porta, molto più favorito di quello il sarebbe quando la circolazione periferica stesse sotto la sola influenza della pressione cardiaca.

Ammessa una volta la contrattilità autonoma delle arterie; accettate, per la stabilità delle leggi su cui poggiano, le accennate in-

terpretazioni sulla importanza fisiologica di queste contrazioni, tanto per le iperemie che inducono, quanto per gli effetti che ne conseguono, è ipotetico però, che in un periodo di maggiore eccitazione possano i vaghi determinare fisiologicamente nelle arterie addominali quelle contrazioni, che vediamo destarsi nelle medesime sotto l' artificiale eccitazione di questi nervi. Sarebbe facile elevare la ipotesi al grado di verità, se le arterie mesenteriche di un animale in digestione fossero capaci di compiere, per la sola eccitazione fisiologica dei vaghi, un tal grado di contrazione, quale è quello che consegue alla forte distensione provocata nel vaso dalla pressione sistolica del cuore. Questo però non avviene, poichè se si osservano nel mesenterio del cane o del coniglio le arterie, ben raramente si verifica che una pulsazione rilevabile dall' occhio, non sia isocrona col battito del cuore, percepito col mezzo della mano applicata alla regione cardiaca. Ben altri e più efficaci movimenti si compiono però nell'organismo, senza che l'occhio possa direttamente rilevarli. In questo caso l'onda sanguigna non è causa ma effetto di tali movimenti, i quali essendo in massima parte abbandonati alla contrazione attiva delle arterie, non sembrano poter raggiungere quel grado, a cui arrivano, quando la sistole arteriosa è la conseguenza di una preceduta distensione.

Se però la semplice ispezione delle arterie non ci conduce che assai raramente a rilevare nelle medesime una contrazione indipendente dall' azione cardiaca, uno sguardo alle linee del chimografo applicato ad uno dei maggiori tronchi mesenterici in un grosso cane, ci dimostra ad evidenza gli effetti delle minori contrazioni autonome del vaso nelle piccole onde che segnano corrispondenti aumenti di pressione sul decorso delle linee discendenti, che esprimono la gran diastole delle arterie conseguente alla sistole cardiaca.

Alla influenza che hanno i vaghi sulla contrattilità delle pareti dei vasi addominali, devesi assai probabilmente il fatto da noi riscontrato e confermato da Schiff: *che sotto la sezione dei vaghi alla regione cervicale, la temperatura della cavità addominale aumenta immediatamente da 1 a 2 decimi di grado.* Questo aumento non dura che qualche minuto, in seguito al quale la colonna termometrica discende e non s' arresta punto al grado di prima, ma continua a discendere con una rimarchevole regolarità di 1 decimo di grado fra 3 e 6 minuti, finchè abbassatasi di qualche grado da quel che era, rimane stazionaria per un tempo indeterminato. Lo stesso aumento di temperatura si ottiene recidendo un solo vago, ed ha pur luogo il successivo abbassamento, ma molto più lentamente che non nei casi di recisione bilaterale. Eccitando il moncone periferico

dei vaghi tagliati, si determina un lieve aumento di temperatura (di qualche decimo di grado) se non era troppo avanzata la diminuzione conseguente all'aumento dopo la recisione dei nervi; ovvero, se l'abbassamento di temperatura era già progredito, s'impedisce per un certo tempo, colla eccitazione del moncone periferico, un abbassamento ulteriore e la colonna si fa stazionaria.

L'aumento di temperatura che si determina colla sezione dei vaghi è forse un effetto d'iperemia paralitica dei vasi addominali, quale con identico effetto termico si desta nell'orecchio del coniglio recidendo il simpatico cervicale od estirpando il ganglio cervicale superiore; il successivo abbassamento esprime forse l'alterazione che la recisione di questi nervi induce nel processo trofico, mentre l'elevazione o la stazionarietà conseguente alla eccitazione accenna probabilmente ad un acceleramento della circolazione, indotto dalle contrazioni autonome dei vasi e valevole a neutralizzare gli effetti termo-negativi dell'alterato trofismo.

Influenza del 10.° pajo sulla contrazione della milza. — Nel corso delle sperienze che io andava facendo sul pneumo-gastrico, non tardai ad accorgermi di una particolare granulosità che presentava la milza, quando nei cani si fosse eccitato il moncone periferico di questo nervo alla regione del collo. Richiamata la mia attenzione su questo fatto, ne tentai ed ottenni la verificazione anche nei conigli, ma più manifestamente nei gatti.

Le modificazioni che assume la milza sono eguali a quelle che si possono determinare in quest'organo, applicando al medesimo i conduttori di una corrente indotta. Le trabecole maggiori e minori vedute attraverso la glissoniana della milza intatta si accorciano e si approfondano; per cui rendendosi più prominente la sostanza contenuta nelle loro areole, viene la milza ad assumere un aspetto più o meno finamente granuloso a seconda della disposizione delle sue trabecole; ed ogni granulazione, oltre a farsi più prominente, diventa anche più rossa. La milza stessa indurisce e molte volte vedesi anche erigersi qualche parte de' suoi margini.

Il rilievo di queste modificazioni e specialmente della granulosità della milza sotto la eccitazione dei vaghi, deve farsi subito alle prime galvanizzazioni, pel motivo, che ripetendo queste ultime, la milza continua a farsi granulosa, nè tosto recede da questo stato al cessare della eccitazione. Viene quindi un momento in cui essendo già tutta e fortemente granulosa la superficie splenica, non vi si può constatare la formazione di granulazioni ulteriori.

Qui però si presenta una prima questione. Se cioè nello stato normale la milza sia sempre liscia, se lo sia sempre nello stesso

grado, e se non ne varii la levigatezza col variare delle condizioni del ventricolo, potendo avvenire che nell'afflusso sanguigno che si determina alla milza nel tempo della digestione, diventi granuloso quest'organo pel turgore proprio della polpa splenica.

Poi presentasi l'altra questione, se la granulosità che assume la milza sotto la eccitazione dei vaghi esprima piuttosto la contrazione dei muscoli trabecolari di quest'organo, per cui venendo in certa guisa pressa fuori dalle areole la polpa splenica, è dessa che passivamente forma le granulazioni; ovvero se invece non sia questa granulosità la espressione di un attivo inturgidire della polpa per circolazione rallentata o sospesa colla eccitazione dei vaghi e conseguente congestione del sistema venoso.

Quanto alla prima questione dobbiamo confessare che lo stato di levigatezza o di granulosità della superficie splenica può dipendere da molte circostanze. Fra queste, per il cane almeno, non indifferenti sono l'età e l'abitudine. I cani vecchi ed attivi, come i cani da caccia, hanno una milza abitualmente granulosa, fuori anche del tempo della digestione, e le granulazioni si distinguono anzi per la loro pigmentazione compresa fra il rossigno ed il nerastro, non che per una specie di rigogliosità, la quale si manifesta in particolari escrescenze granulari, che ricordano l'apparenza di alcune circoscritte anghectasie. Sono sfiancamenti delle trabecole spleniche e della glissoniana, indotti dalle forti e nel lungo corso della vita frequenti volte ripetutesi iperemie fisiologiche della milza. Esse non indicano uno stato di attiva contrazione dei muscoli trabecolari e persistono sulla superficie della milza anche lungo tempo dopo la morte.

Per quanto riguarda lo stato del ventricolo si trovano generalmente granulose le milze dei cani repleti, liscie quelle dei digiuni, senza che questo avvenga però costantemente, ed essendomi anzi accaduto di riscontrare qualche volta il contrario. Dalle ventiquattro determinazioni che io feci in cani digiuni e repleti del rapporto fra il peso della milza e quello del corpo, mi è risultato, che erano relativamente liscie le milze di animali repleti nei casi in cui era bassa la cifra esprimente il rapporto suddetto, mentre invece le ho riscontrate granulose in cani digiuni, preferibilmente quando questa cifra spettava alle più elevate. Questo fatto, in accordo colla opinione, che il granularsi della milza sia l'effetto simultaneo della resistenza di elasticità e di contrazione delle trabecole e di turgore sanguigno delle loro areole, dimostra a mio avviso, che quando nell'animale la capacità della milza è maggiore relativamente alla massa del suo sangue, in allora non si dispiegano abbastanza questi

fattori, e la milza può apparire liscia anche sotto la più forte iperemia digestiva; mentre invece nei casi di capacità relativamente deficente della milza, lo stesso acceleramento del circolo, che l'apprensione determina nell'animale, può indurre, con un tenue grado d'iperemia, una tale replezione delle areole spleniche ed una tale conseguente resistenza delle trabecole, da ottenersi una milza granulosa a malgrado che l'animale sia digiuno.

Indipendentemente però da queste circostanze, la milza può diventare e diventa anzi granulosa nel cadavere, o nell'animale a ventre sparato, specialmente quando tende ad essiccarsi per isolamento dai visceri circostanti. Sotto questo rapporto la milza, come organo ricco di muscoli, presenta lo stesso fenomeno di rigidità cadaverica, che si riscontra in tutti gli organi muscolari e che ultimamente il prof. Tigri ha osservato anche nell'iride. Egli è perciò che anche la milza esportata dall'animale, oltre al farsi granulosa, indurisce e tale rimane per vario tempo a seconda della stagione, fino al tardo insorgere in essa della putrefazione. Nei casi di milze cadaveriche esportate o non esportate, l'elemento iperemico non entra quindi a produrre la granulosità della superficie, la quale è indotta intieramente dalla rigidità delle trabecole e resa più evidente dall'assottigliamento determinato nella glissoniana dall'essiccamento periferico.

Per ciò che riguarda la seconda questione, non vi ha dubbio che l'influenza esercitata sulla circolazione colla eccitazione dei vaghi alla regione del collo si estende fino alla milza, per la quale ha luogo, sotto tale eccitazione, un fenomeno eguale a quello che si verifica per le vene reduci dalle ghiandole sotto-mascellari alla eccitazione del loro ramo simpatico.

Se si scopra infatti la milza e si isoli una delle numerose vene reduci nel cane da quest'organo, vedesi, sotto la eccitazione cervicale dei vaghi, rallentarsi dapprima la fluenza dalla vena recisa di un sangue che è diventato più atro e più denso, poi cessare intieramente il gemizio sanguigno e non ripristinarsi se non qualche tempo dopo terminata la eccitazione. Questo fenomeno è in parte, ma non in tutto, spiegabile colla influenza che la eccitazione cervicale dei vaghi esercita sulla circolazione. È spiegabile in parte, perchè quello che si osserva per le vene spleniche ha luogo per tutto il sistema venoso ed è l'effetto dell'arresto di circolazione e dell'aumento di sangue nelle vene in seguito a maggiore relativa pressione esercitata dalle arterie. Non è intieramente spiegabile, perchè la densità che acquista il sangue stagnante non è tale da impedire la sua fluenza dalle altre vene recise di un animale a cui si ecci-

tino i vaghi, mentre invece una tale fluenza si sospende intieramente dalle vene della milza. Quivi adunque, pel rallentamento o per l'arresto della circolazione, il sangue si raddensa ancor più che negli altri organi, e per un tale raddensamento n'è impedito l'efflusso dalle vene, ovvero, com'è più probabile, agli effetti generali della eccitazione dei vaghi sulla circolazione, si aggiungono per la milza effetti speciali di contrazione del suo sistema vascolare, in conseguenza della quale resta impedita la libera comunicazione fra il sistema vascolare delle areole e le radichette venose della milza.

Io doveva quindi accertarmi, che quella particolare granulosità della milza, che si ottiene eccitandone anche la contrazione colla diretta applicazione degli elettrodi, non è dipendente, quando la si desti colla eccitazione dei vaghi, da iperemia cagionata da replezione del ventricolo o da arresto di circolazione, e non è nemmeno dipendente da contrazione eccitata per accesso di aria, ovvero da uno stato di rigidità cadaverica.

I risultati positivi che a questo proposito ottenni su cani digiuni e appena dissanguati, la cui milza scoperta non erasi fatta granulosa per contatto di aria, ma soltanto per eccitazione cervicale uni o bilaterale del vago, valgono a nostro avviso a escludere ogni dubbio, che: nota una volta la esistenza di fibre muscolari nel sistema trabecolare della milza: conosciuti i fenomeni che si destano in essa di alterata consistenza, forma e levigatezza col mezzo della eccitazione diretta, non dipendano le identiche modificazioni che si determinano nella milza colla eccitazione dei vaghi, da contrazione delle sue fibre vascolari e trabecolari.

Le fibre muscolari della milza si trovano quindi sotto la dipendenza di quella medesima fonte nervosa, da cui emana in modo speciale la innervazione motrice del tubo gastro-intestinale e dei vasi addominali. Ricordando quanto abbiamo detto sulla contrazione che si può destare nelle arterie addominali sotto la eccitazione dei vaghi, non solo abbiamo in questo fatto spiegata la quasi contemporaneità dell'iperemia fisiologica della milza e del tubo digerente nel periodo di eccitazione, che potremmo intitolare digestiva, dei pneumo-gastrici, ma abbiamo pure spiegata la concorrenza, facile a concepirsi, delle fibre muscolari spleniche, nell'impedire colla loro contrazione il riflusso venoso, e determinare di tal guisa nella milza quello stato di erettilità che le è proprio nel tempo della digestione.

Influenza del 10.° *pajo sulla contrazione della vescica.* — Crediamo venga qui opportuno diffonderci meglio su tale influenza, che già brevemente accennammo al § 88, I. Nelle nostre sperienze sui vaghi,

ci eravamo accorti non solo della frequenza con cui miagono i cani, a cui si galvanizzano questi nervi, ma avevamo pure veduta, sotto questa eccitazione, la contrazione delle fibre del detrusore, specialmente verso il fondo della vescica. Ci eravamo pure accorti che questa contrazione può mancare o, quanto meno, non essere rilevabile, ed aver luogo ciò nullameno il getto d'urina sotto o subito dopo la eccitazione dei vaghi. Gatti e conigli, specialmente giovani, ci diedero risultati identici.

Galvanizzando in questi ultimi i monconi periferici dei vaghi, si possono vedere i cangiamenti di forma della vescica per contrazione delle sue fibre. È facile convincersi, come per tali contrazioni, la parete superiore della vescica si appiani e tenda ad avvicinarsi alla sua parete inferiore. Sono quindi le fibre longitudinali che seguono la risultante delle opposte direzioni in cui agiscono colla loro contrazione. Contemporaneamente allo svuotarsi della vescica si mettono in contrazione le fibre circolari ed allora la sua parete superiore si converte in una specie di bottone, al disotto del quale si estende la vescica turgida di urina che ancora contiene. Galvanizzando i cordoni esofagei al cardias si può ottenere lo stesso effetto senza arrestare la circolazione, ed elidere di tal guisa il dubbio che a tale arresto si dovessero le contrazioni vescicali, come avviene di quelle degli ureteri in seguito a pressione dell'aorta. Identici effetti si ottengono nei conigli galvanizzando il vago isolato dal simpatico; non si ottengono invece galvanizzando la porzione intracranica del vago. Se non vi fosse di mezzo la incertezza delle illazioni desumibili da una esperienza così difficile e cruenta, quest'ultimo risultato potrebbe lasciar luogo al dubbio, che eventuali fibre motrici della vescica, anzichè essere originarie del vago, derivassero al medesimo specialmente dall'accessorio o dalle diramazioni simpatiche superiori o corrispondenti al livello del ganglio cervicale superiore.

Nel corso di queste osservazioni però ci eravamo accorti: non essere costante che sotto la eccitazione dei monconi periferici dei vaghi avvengano contrazioni della vescica, sieno poi desse rilevabili per modificata disposizione delle sue fibre, ovvero per semplice emissione di urina. Sulle cause di una tale incostanza, la quale si rileva per tutti i nervi eccitatori di fibre organiche, non potemmo venire in chiaro che imperfettamente; ma nel ripetere in diversa maniera la esperienza abbiamo potuto nel modo più assoluto convincerci che: se l'azione diretta sulla vescica dei vaghi, per eccitazione dei loro monconi periferici non è costante, come non costantemente si ottengono i varii movimenti intestinali, accennati spe-



cialmente da Müller, sotto la eccitazione dei ganglii addominali, è però costante la influenza che questi nervi spiegano riflessoriamente sulla vescica, in seguito alla eccitazione dei loro monconi centrali.

Introducendo per la scoperta uretra bulbosa un manometro nella vescica dei cani, abbiamo potuto convincerci di quanto segue:

1.° Che il rilievo delle contrazioni vescicali, senza corrispondente manifestazione al manometro, tiene assai volte ad una relativa vacuità della vescica, per la quale si esigono contrazioni più estese, onde avere un aumento di pressione da parte del liquido vescicale.

2.° Che il rilievo invece delle manifestazioni manometriche, senza quella delle contrazioni vescicali, tiene ad un tal grado di replezione della vescica, per la quale, contrazioni non rilevabili per la loro limitazione, bastano ad indurre un forte aumento di pressione del liquido vescicale.

3.° Che eccitando l'uno o l'altro dei vaghi integri, ha luogo costantemente ed immediatamente una forte elevazione della colonna manometrica. Dopo qualche tempo però, a malgrado della perdurante eccitazione, la colonna recede, ma la pressione esercitata dalla vescica si mantiene maggiore, perchè la colonna resta più alta di quello che fosse nello stato di riposo del nervo.

4.° Che eccitando il moncone periferico di uno o di amendue i vaghi recisi, si ottiene pure, ma non costantemente ed in un grado minore, la elevazione del liquido nel manometro. In questo caso però non soltanto sono minori nel grado gli effetti, ma si esige anche una maggiore intensità della corrente eccitante, e a differenza del caso precedente, la contrazione della vescica e gli effetti al manometro non conseguono tosto all'applicazione della corrente, ma avvengono dopo qualche tempo dalla sua azione e qualche volta non insorgono che con un movimento generale di sforzo respiratorio, quale suol essere destato da una forte e protratta eccitazione dei monconi periferici dei vaghi. Non si potrebbe tener calcolo dei casi, nei quali si verifica una tale contingenza per riferirli ad una eventuale influenza diretta dal vago sulla vescica. Come però in molti altri casi hanno luogo effetti al manometro senza sforzo respiratorio, effetti che si ottengono pure quando reciso il diaframma s'instituisca la respirazione artificiale, così non si può respingere l'idea, che nel pneumogastrico si contengano fibre motrici della vescica, quali, in seguito ad una congenere osservazione, sono pure ammesse da Stilling. La non costanza degli effetti ed il loro tardo conseguire all'applicazione della corrente si osservano, senza che ne sappiamo il motivo, per altre fibre nervose, che pure senz'ombra di dubbio innervano

muscoli organici, come avviene ad esempio della dilatazione pupillare, che tardi consegue alla eccitazione del simpatico e qualche volta fallisce.

5.° Che eccitando il moncone centrale del vago reciso si ottiene in ogni caso e ripetutamente nello stesso animale una rapida e considerevole elevazione della colonna manometrica, non escluso anche il getto violento e prolungato del liquido e dell'urina contenuta nell'apparato. Dopo questo getto la colonna recede, ma si mantiene ad una elevazione maggiore di quella che acquista subito che si cessi dalla eccitazione. In genere poi, gli effetti derivanti dall'aumentata pressione della vescica in seguito alla eccitazione del moncone centrale del vago, si distinguono da quelli conseguenti alla eccitazione del suo moncone periferico pel grado maggiore e per la rapidità colla quale insorgono o cessano tosto che si chiuda o si apra il circuito della corrente eccitante, mentre pel minor grado si distinguono da quelli derivanti dalla eccitazione del nervo integro, la quale porta sempre il massimo di elevazione nella colonna del manometro.

Per tali risultati noi veniamo alle seguenti conclusioni: 1.° Che il vago contiene delle fibre motrici per la vescica. 2.° Che contiene delle fibre sensitive, le quali agiscono riflessoriamente sulla contrattilità di quest'organo. 3.° Che colla eccitazione dei vaghi integri si ottengono al manometro i massimi effetti risultanti dalla pressione della vescica, perchè si stimolano contemporaneamente i nervi motori ed i nervi riflessi. Comunque vogliasi subordinare il valore della prima e terza di queste conclusioni, è assoluto quello della seconda, che riconosce come il vago possa farsi centro motore riflesso della vescica.

Ora si dimanda se questa azione riflessa si estenda alle eventuali fibre motrici, che noi riteniamo contenersi nel vago, ovvero alle fibre motrici di origine spinale, che vanno alla vescica dai plessi ipogastrici, ovvero se si faccia per amendue queste vie.

La verificazione sperimentale della seconda di queste eventualità ci dà pur quella della prima e della terza.

Budge aveva già riconosciuta la esistenza di un centro spinale della vescica, corrispondente nel coniglio alla 4.ª vertebra lombare. Lo stesso Budge aveva visto, che si potevano ottenere i movimenti della vescica eccitando il midollo spinale in tutto il suo tratto superiore al centro uro-genitale ed anche in corrispondenza del midollo allungato.

In un suo più recente lavoro il Giannuzzi duplicava il centro spinale della vescica, riconoscendone uno in corrispondenza della 3.ª

vertebra lombare, da cui partirebbero filamenti, che si porterebbero alla vescica dopo avere passato i ganglii mesenterici, assumendo il carattere di filamenti simpatici; l'altro in corrispondenza della 5.ª vertebra lombare, da cui emanerebbero fili che andrebbero direttamente alla vescica per la via dei plessi ipogastrici. La eccitazione dei primi di questi nervi determinerebbe delle contrazioni e dei rilasciamenti assai lenti, quali ritengonsi appunto derivare dai nervi simpatici, mentre la eccitazione dei secondi determinerebbe contrazioni istantanee e celeri, quali quelle dei muscoli innervati da fibre spinali.

Kilian e Valentin affermano pure, che i nervi della vescica possono essere inseguiti lungo il midollo spinale fino al cervello.

Da tali premesse dovevamo indurre che la riflessione del pneumo-gastrico sulla vescica si facesse per la via del midollo spinale. Nè le nostre induzioni fallirono, dappoichè in una serie di esperienze, recidendo il midollo spinale a varie altezze fino a livello delle ultime vertebre dorsali, potemmo distruggere l'azione riflessa del vago sulla vescica.

I nervi adunque che dal midollo spinale si portano alla vescica e che sono capaci di essere riflessoriamente influenzati dal pneumo-gastrico escono dal midollo spinale ad un'altezza non superiore a quella delle ultime vertebre dorsali.

In altre sperienze, di riuscita difficile, in causa della dileguantesi eccitabilità del pneumo-gastrico, potemmo constatare, nella solita maniera, la persistente influenza del suo moncone centrale sulla vescica, dopo avere levato la volta del cranio e separati gli emisferi dalla restante massa cerebrale con un taglio al davanti del nodo, ed anche dopo di avere esportata la massa cerebellare fino a scoprire il pavimento del 4.° ventricolo.

Per tali esperienze può essere quindi affermato, che il centro di riflessione dalle fibre del vago sulle fibre spinali della vescica non è al di là del midollo allungato o del nodo del cervello e molto probabilmente in grande vicinanza al ganglio di origine dal pneumo-gastrico. Ed è infatti a questo proposito rimarchevole e noi lo avevamo osservato assai prima di venire a codesta esperienza, come la irritazione di questa parte determini nei conigli una frequentissima eliminazione di urina, la quale del resto, non vogliamo impugnare la possibilità che possa essere collegata eziandio ad un contemporaneo aumento della loro secrezione.

È però ad osservarsi che i due pneumo-gastrici hanno pur fra di loro una reciproca influenza riflessa, poichè se più non si ottiene al manometro alcun indizio di contrazione della vescica quando

si eccita il moncone centrale di uno dei pneumo-gastrici a midollo spinale reciso, è possibile ancora di ottenere delle contrazioni quando nelle medesime condizioni, essendo integro un vago, si eccita il moncone centrale dell'altro. Questo risultato per verità non è sì costante, quanto lo è la riflessione del vago sui nervi spinali della vescica e si avvicina piuttosto ad assumere i caratteri, che abbiamo veduto essere proprii agli effetti conseguenti per la vescica dalla eccitazione dei monconi periferici di questi nervi. Ma è certo, che ove per quest'ultima eccitazione si accordi la esistenza nel vago di fibre motrici della vescica, i risultati emergenti dalla suddetta esperienza conducono di necessità alla conclusione, che queste fibre sono riflessoriamente eccitabili dalle fibre sensitive del pneumo-gastrico opposto. Questa riflessione laterale del resto non è nuova pel pneumo-gastrico, avendo noi dimostrato com'essa abbia luogo eziandio nella eccitazione riflessa da questo nervo sul ramo timpanico del linguale e più che questa le si avvicina, per identità di rapporti, la trasmissione bilaterale alle fibre motrici, quando eccitando unilateralmente il moncone centrale del glosso-faringeo, otteniamo per questa via il complesso movimento della deglutizione.

Influenza del 10.° *pajo sulla nutrizione.* — Benchè inconsci dei rapporti che passano fra la nutrizione e l'azione dei vaghi, è innegabile che in seguito alla recisione di questi nervi, si hanno evidenti manifestazioni di alterato trofismo. Tali manifestazioni non hanno campo, in genere, di spiegarsi intieramente sotto la recisione di ambedue i vaghi, in causa della morte, che avviene in genere tanto più presto, quanto più l'animale è giovane e che al massimo io non vidi ritardare oltre al 10.° giorno in un vecchio cane, mentre Nasse avrebbe ottenuta una sopravvivenza di alcune settimane. Il dimagramento ed il raffreddamento sono i più salienti fenomeni dell'alterata nutrizione.

A questi si aggiungono, in seguito ad osservazioni fatte da Nasse sovra cani operati colla recisione unilaterale: la diminuzione dei globuli del sangue, che diventa invece più ricco di albumina e di acqua; la difficoltà della digestione con più abbondante passaggio di materiale indigesto agli escrementi e conseguente diminuzione nelle urine dell'urea, quale prodotto di trasformati albuminoidi. Quale sia del resto la causa prossima della morte conseguente inesorabilmente alla sezione bilaterale dei vaghi non è ancora determinato, attribuendola alcuni ad esaurimento del cuore, altri al deficente scambio gazoso per alterazione meccanica del respiro o trofica dei polmoni, altri ancora finalmente a nutrizione incompatibile colla vita per alterata digestione o mancata glucogenesi (Bernard).

Una irritazione persistente delle origini del pneumo-gastrico, determina la poliuria con diabete. L'analogo effetto che si induce colla puntura del pavimento del 4.° ventricolo, potrebbe forse devolersi al diffondersi della irritazione alle vicine origini del pneumo-gastrico. Poliuria con diabete ottiensi pure dalla protratta eccitazione del moncone centrale del vago reciso al collo. Con tale recisione si sopprime la glucogenesi epatica, che non si sopprime invece tagliando il nervo nel torace al disotto del cuore. (Bernard) (§ 125, I).

§ 24. *XII° Pajo — Ipoglosso.*

Il nervo ipoglosso trae le sue vere origini da grandi cellule gangliari che trovansi ai lati del pavimento della fossa romboidea vicino alla punta del calamo, tra il ganglio d'origine dall'accessorio, che trovasi a questa punta e quello di origine del 10.° Appare colle sue fibre tra le eminenze olivali e piramidali, d' onde, passando dietro l'arteria vertebrale, volge trasversalmente all'esterno verso il foro condiloideo anteriore, da cui sorte, rinforzato qualche volta da fibre della radice posteriore del primo nervo cervicale. Dopo la sua uscita dal cranio, posto al di dietro del vago e della giugulare interna, aggirandosi a questa, si dirige al davanti ed all'interno, per formare nel triangolo cervicale superiore una curva discendente coperta dal ventre posteriore dal digastrico, ascendere quindi al muscolo io-glosso e penetrare fra lo stilo e il genio-glosso nella lingua, ove si decompone anastomizzandosi col linguale. Comunicante nel suo decorso col ganglio cervical superiore del simpatico, col plesso nodoso del vago e coi primi due nervi cervicali, manda al principio della sua curva il ramo discendente, che si anastomizza col pneumo-gastrico, col ramo discendente esterno del 3.° cervicale, riceve un filamento dal ganglio cervical superiore, dà rami allo sterno-tiroideo, allo sterno ed omo-joideo, s' anastomizza ancora col frenico, col 4.° e 5.° cervicale, dà un lungo ramo al plesso cardiaco, s' anastomizza direttamente con questo plesso nel mediastino anteriore e termina nel frenico.

Dal ramo discendente avanzando l' ipoglosso nella sua curva, prima di disperdersi nella lingua, dà rami all' io-tiroideo, all' io, stilo e genio-glosso, al genio-joideo, alle ghiandole sotto-mascellare e sotto-linguale, ed all'arteria linguale, oltre a diramazioni anastomotiche col linguale, formanti un plesso alla esterna superficie del muscolo io-glosso.

È contrastata da Stilling, che ottenne la contrazione unilaterale della lingua per eccitazione del corrispondente ganglio d' origine dell'ipoglosso, una eventuale decussazione delle fibre dei due nervi,

per la quale alcune fibre dell'ipoglosso destro passassero ad innervare la metà sinistra della lingua e viceversa. Si ammette invece da Schröder v. d. Kolk: 1.° una decussazione di fibre, che dai ganglii d' origine dell' ipoglosso ascendono ai centri psichici; 2.° una comunicazione fra i due ganglii per mezzo di fibre trasversali, d'onde l' azione regolarmente bilaterale di questi nervi, coadjuvata 3° da comunicazioni di ciascun ganglio colla corrispondente eminenza olivale, non che dalle anastomosi in cui, per fibre trasversali, si tengono queste ultime.

L'eccitazione centrale dell'ipoglosso tende a dimostrare che questo nervo alla sua origine è puramente motore e che diventa misto fuori del cranio, per le sue comunicazioni col vago, coi nervi cervicali ed oltre l' angolo della mascella, col trigemino. Longet e Magendie trovarono indolora la eccitazione centrale dell' ipoglosso ed ebbero segni d' intenso dolore eccitandolo al di sopra delle grandi corna del joide. La recisione dell' ipoglosso induce paralisi della lingua, senza che si alteri il gusto, il tatto o il senso generale. La paralisi però non è completa, restandole ancora qualche piccolo movimento alla base in seguito alla recisione di amendue gli ipoglossi.

Questi nervi contengono anche delle fibre vaso-motrici, per dimostrare le quali colla dilatazione dei vasi della lingua, bisogna con essi recidere anche i linguali, che pure ne hanno, le quali scambiandosi colle prime nei numerosi ganglii periferici, determinano nella lingua una innervazione vaso-motrice di duplice fonte.

I filamenti muscolari del ramo discendente dell' ipoglosso pare non sieno originarii di questo nervo, ma derivantigli dai cervicali, poichè la eccitazione centrale dell'ipoglosso non induce alcuna contrazione dei muscoli sotto-joidei.

Malgrado la incontestata natura motrice dell'ipoglosso, osservasi qualche volta in una radichetta posteriore di questo nervo, un rigonfiamento gangliare, che sarebbe normale in molti mammiferi e che corrispondendo al ganglio delle radici spinali posteriori, equiparerebbe l' ipoglosso ad un nervo spinale, non solo in ciò che riguarda la forma, ma anche in quanto riguarda la natura mista in seguito alla riunione delle due radici. La seconda comparazione sarebbe appoggiata dalla sensibilità ricorrente che si attribuisce all'origine dell'ipoglosso, la quale se potrebbe tenere alla sua anastomosi con una posteriore radice cervicale, potrebbe anche dipendere dalla presenza di fibre sensitive proprie. La comparazione morfologica poi dell'ipoglosso ai nervi spinali è autorizzata dall'aspetto, dalla ubicazione e dalla direzione delle sue fibre radicali, che astraendo dalla eventuale presenza di fibre sensitive, corrispondono in genere alle radici spinali anteriori.

Le paralisi dell' ipoglosso nell' uomo si manifestano per abolizione del moto in tutta la lingua o in una metà di essa se la paralisi è unilaterale e in genere della metà opposta a quella cui corrisponde il nervo paralizzato.

II. **Nervi Spinali.**

§ 25. *Morfologia.*

I nervi spinali sono trenta o trentun paja di nervi, le cui radici *anteriori* e *posteriori*, emanano, nel modo descritto al § 3 III, dalle omonime corna del midollo spinale. A norma del tratto spinale da cui provengono, dividonsi in otto paja *cervicali*, dodici *dorsali*, cinque *lombari*, cinque *sacrali* ed uno o due *coccigei*. Delle due radici che appajono rispettivamente lungo i solchi laterali anteriore e posteriore del midollo spinale è in genere più grossa la posteriore. Tali radici che comprendono fra di sè le colonne laterali e il legamento denticolato, lassamente involte dall'aracnoidea, convergono al corrispondente foro intervertebrale, in cui la radice posteriore forma il ganglio *intervertebrale*, innanzi al quale, senza partecipare al ganglio, passa la radice anteriore, la quale dopo il ganglio immedesimandosi alla posteriore, forma con essa un solo nervo cilindroideo, che esce dal foro intervertebrale.

Per la decrescente corrispondenza di livello fra i fori intervertebrali e le rispettive radici spinali, il decorso di queste ultime nello speco vertebrale è tanto più discendente e quindi tanto più lungo, quanto più si discende verso le radici sacrali e coccigee, di cui le prime formano i loro ganglii nello speco, le seconde al disotto ancora della dura madre.

Oltre il ganglio intervertebrale, le fibre delle due radici, di cui sono più grosse quelle spettanti alle radici anteriori, si mescono tanto intimamente fra di loro da trovarsene d'ambo le specie in ogni ulteriore diramazione del formatosi nervo spinale, che in virtù della essenza rispettivamente motrice e sensitiva della radice anteriore e posteriore (§ 5 III), da cui risulta composto, verrà ad avere colle proprie diramazioni la natura ed il carattere di un nervo misto.

Non appena formatosi, ogni nervo spinale si divide in un ramo *anteriore* e *posteriore*. Quest'ultimo dirigendosi posteriormente fra le apofisi trasverse o per i fori sacrali posteriori e non costantemente anastomizzandosi coll'omonimo ramo sovra e sottoposto, si disperde nella cute e nei muscoli dorsali. Il ramo anteriore più grosso si anastomizza dapprima col prossimo ganglio simpatico, poi entrando in regolare anastomosi cogli omonimi rami sovra e sottoposti, forma dei plessi, specialmente *cervicali, lombari* e *sacrali,* da

cui emanano nervi alla cute, ai muscoli, alle ossa, alle capsule articolari, ai tendini ed ai vasi delle parti anteriori del corpo e degli arti.

La grossezza dei nervi spinali corrisponde in genere alla estensione del loro territorio d'innervazione. I cervicali superiori e specialmente i sacrali, siccome quelli che innervano rispettivamente gli arti toracici ed addominali sono più grossi degli altri, fra cui meno grossi sono i toracici.

Quanto all' intima struttura dei ganglii delle radici posteriori, pare accertato, che le fibre di queste radici non comunichino colle cellule gangliari, dalle quali emanerebbero uno o varii prolungamenti, che si convertirebbero in fibre nervose dirigentisi di prevalenza verso la periferia, senza potersi però in modo assoluto impugnare che di tali fibre dirigansi alcune anche verso il midollo spinale. Ne verrebbe, che ogni nervo risultante dalla fusione delle due radici spinali, consterebbe di fibre motrici delle radici anteriori, di fibre sensitive delle radici posteriori, di fibre gangliari originate dalle cellule dei ganglii spinali.

Dal maggior diametro delle fibre motrici spettanti alle radici anteriori si è potuto determinare anatomicamente la grande prevalenza di queste fibre nei rami destinati ad innervare degli organi motori come i muscoli, mentre invece si videro prevalere le fibre sottili nei rami destinati ad innervare degli organi sensitivi come la cute.

Il decorso delle fibre gangliari non è ben determinato in via anatomica, benchè tanto per essa, quanto e maggiormente per via fisiologica si ammetta, che molte di queste fibre vanno al simpatico pei *rami comunicanti*, altre decorrendo principalmente nei nervi vasali, vanno con essi alla cute, ai muscoli, alle ossa, alle articolazioni, ai tendini, alle membrane ed alle ghiandole.

I nervi spinali si scambiano frequentemente nel loro decorso dei fascetti fibrosi, dando luogo in questo scambio a dei plessi microscopici, nei quali non avvi che incrociamento per traslazione di fibre, non divisione di esse, quale invece si verifica nel tratto di loro decorso periferico, ove il nevrilema è sostituito da una guaina di unitivo amorfo e nucleato, che riveste singole fibre o fascetti di esse.

Nervi cervicali. — Le radici del primo nervo cervicale escono fra l'atlante e l'occipite, quelle dell'ultimo, che comunica col primo toracico, come fra di loro comunicano i cervicali, fra l'ultima vertebra cervicale e la prima dorsale.

Il contegno anatomico dei nervi cervicali è identico a quello dei

nervi spinali in genere, se nonchè i primi due cervicali si differenziano per la maggiore esilità delle loro radici posteriori rispetto alle anteriori, e per la maggiore grossezza dei loro rami posteriori rispetto agli anteriori. Questi due rami, formando rispettivamente il nervo *infra* e *grande occipitale*, si distribuiscono quasi esclusivamente ai muscoli ed alla cute della nuca, mentre ai muscoli ed alla cute delle corrispondenti latitudini, senz' assumere nomi speciali, vanno i rami posteriori degli altri nervi cervicali.

I rami anteriori dei primi quattro nervi cervicali formano il *plesso cervicale;* quelli degli ultimi quattro il *plesso brachiale.*

Dal primo di questi plessi, oltre a nervi prevalentemente sensitivi *(cutanei cervicali, piccolo occipitale, grande auricolare)* ed a nervi prevalentemente motori ai muscoli scaleni, lungo del collo, retto anteriore ed elevatore della scapola, partono:

1.° *Rami anastomotici* col primo ganglio cervicale superiore del simpatico.

2.° *Rami anastomotici* col plesso nodoso del vago, coll'accessorio, col tronco e col ramo discendente dell'ipoglosso.

3.° *I nervi diaframmatici o respiratorii interni del torace di Bell,* che uniti all'ansa del 3.° e 4.° cervicale passano al davanti degli scaleni ed anastomizzandosi col plesso brachiale, col ganglio cervicale medio ed inferiore, entrano nel torace, ove decorrendo senza rami fra pleura e pericardio, si disperdono nel diaframma, formando un plesso comunicante col plesso diafragmatico del simpatico. Oltrecchè dal 3.° e dal 4.° cervicale, i nervi diaframmatici possono essere anche formati dal 2.°, dal 5.°, dal 7.°; più raramente dal 1.° Entrano anche in anastomosi coll'ipoglosso e col vago.

Benchè innervino di prevalenza i due terzi anteriori del diaframma (che riceve pure delle diramazioni dal ramo anteriore del 10.° ed 11.° toracico) sono a considerarsi come nervi misti, perchè formati dalle due radici spinali.

La loro sezione bilaterale è letale per alcuni animali, come il cane; non letale per altri, come il coniglio (§ 59 II).

Dal plesso brachiale, alla cui formazione concorre anche il primo nervo dorsale, emanano:

Per la sua *porzione sopra-clavicolare:* nervi prevalentemente motori ai muscoli succlavio, sovra ed infra-spinato, pettorali, deltoide, elevatore della scapola, romboideo, serrato posterior superiore, con un ramo *toracico-lungo* o *toracico-respiratorio esterno* di Bell al serrato anteriore maggiore.

Per la sua *porzione infra-clavicolare,* nervi prevalentemente sensitivi: *cutaneo interno* e *medio* del braccio; nervi prevalentemente

motori: *cutaneo esterno* del braccio o *musculo-cutaneo, ascellare, mediano, ulnare* e *radiale*.

Nervi toracici. — I nervi toracici, dei quali il primo più grosso esce fra la prima e seconda vertebra dorsale, decrescono irregolarmente di grossezza fino al nono, crescono ancora fino al 12.°, che esce fra la duodecima vertebra dorsale e prima lombare, e seguono lo stesso contegno anatomico di tutti i nervi spinali. I rami anteriori di questi nervi sono più grossi dei posteriori. Questi ultimi innervano la cute del dorso, non che i profondi muscoli di questa parte, il latissimo del dorso, il sacro-lombare e gli elevatori delle coste. I rami anteriori decorrendo coll' arteria intercostale fra i muscoli intercostali esterni ed interni, formano i *nervi intercostali*, di cui l' ultimo lungheggia il margine inferiore della duodecima costa. Senza formare dei plessi, ma solo qualche incostante anastomosi fra i primi nervi intercostali, questi, nella parte più arretrata degli omonimi spazii, dividonsi in un ramo superficiale e in un ramo profondo.

Dei rami superficiali, quello del primo dorsale entra nel plesso brachiale; gli altri trapassano l' intercostale esterno, disperdendosi ai muscoli laterali del torace, all' obliquo esterno ed alla cute corrispondente (*nervi cutanei pettorali ed addominali*) con diramazioni alle ghiandole mammarie. I rami profondi lungheggiando il margine inferiore di ciascuna costa, innervano i muscoli intercostali ed il triangolare dello sterno e prolungansi quindi in nervi cutanei della regione anteriore del torace, mentre i rami profondi degli ultimi cinque intercostali innervano i muscoli e la cute addominale.

Nervi lombari. — Dei cinque nervi lombari, crescenti di grossezza col loro numero d' ordine, esce il primo fra la prima e seconda vertebra lombare, l'ultimo fra la quinta vertebra lombare ed il sacro. I loro rami posteriori più deboli degli anteriori, dividendosi come i posteriori dei nervi toracici in rami esterni ed interni, si disperdono nei muscoli dorsali e nella cute dei lombi e delle natiche. I rami anteriori dopo avere comunicato col simpatico, anastomizzandosi fra loro, formano dietro e nello spessore del grande psoas il *plesso lombare*, dal quale, oltre a diramazioni pei due psoas e pel quadrato dei lombi, dipartono: 1.° Il nervo *ileo-ipogastrico*, che sorto di prevalenza dal primo nervo lombare, trapassato il psoas, lungheggiato il quadrato dei lombi, perforato il trasverso addominale e l'aponevrosi dell'obliquo esterno, si distribuisce alla cute del pettignone. 2.° Il nervo *ileo-inguinale*, che avuta origine eguale al precedente o dal precedente, passato il psoas, la fascia trasversale ed il muscolo trasverso, entra e decorre nel canale inguinale per

disperdersi alla cute del pene e dello scroto o delle grandi labbra. 3.° Il nervo *genito-crurale*, che sorto dal 2.° lombare, passato il psoas e disceso lungo la parte anteriore del medesimo, si divide nel *pudendo esterno*, che dato un ramo alla cute interna della coscia entra nel canal inguinale, disperdendosi al cremastere, al dartos ed al testicolo; e nel *lombo-inguinale*, che si distribuisce alla cute della coscia. 4.° Il nervo *cutaneo anteriore esterno del femore*, che si distribuisce come nervo prevalentemente cutaneo alla superficie esterna della coscia fino al ginocchio. 5.° Il nervo *otturatorio*, che uscito dall'omonimo canale e date diramazioni ai muscoli otturatore esterno ed interno, si divide in due rami, di cui l'uno posteriore all'articolazione della coscia e al grande addutore, l'altro anteriore ai muscoli pettineo, gracile, breve e lungo addutore, per poi, passata la fascia lata, disperdersi nella cute interna della coscia fino al ginocchio. 6.° Il nervo *crurale* o *femorale*, che disceso fra il psoas e l'iliaco interno nella fossa ileo-pettinea, si divide in rami ai muscoli della parte anteriore della coscia, al vasto interno, alla capsula articolare della coscia; e in rami prevalentemente cutanei, che formano i nervi *cutanei medio* ed *interno del femore* e il nervo *safeno*, che dati rami alla cute della coscia, discende fino al piede colla vena safena interna, innervando la cute della gamba e formando col ramo interno del *peroneo superficiale* il nervo *dorsale interno del pollice*.

Nervi sacrali e coccigei. — I cinque nervi sacrali e l'uno o due nervi coccigei, presentano la particolarità di dividersi in rami anteriori e posteriori nello speco vertebrale, da cui escono per aperture diverse. I più esili rami posteriori dei primi quattro nervi sacrali escono dai fori sacrali posteriori, dalla fessura sacro-coccigea quelli degli altri; formano assieme il plesso *sacrale posteriore*, da cui escono rami prevalentemente destinati alla cute della regione sacro-ischiatica. I più grossi rami anteriori, usciti al bacino dai fori sacrali anteriori e dal foro sacro-coccigeo, formano il plesso *sacro-coccigeo*, che anastomizzatosi coi ganglii sacro-coccigei del simpatico, si divide nei plessi *ischiatico*, *pudendo* e *coccigeo*.

Dal plesso ischiatico (posto al davanti del muscolo piriforme) ed alla cui formazione concorre anche il plesso lombare e più direttamente i due nervi sacrali superiori, partono rami destinati alla parte posteriore degli arti pelvici. Questi rami rappresentano: 1.° I due nervi *glutei superiore* ed *inferiore* ai muscoli omonimi ed al tensore della fascia. 2.° Il nervo *cutaneo posteriore della coscia*. 3.° Il *nervo ischiatico*, che si divide in *peroneo* (d'onde il *peroneo superficiale* e *profondo*) e tibiale (d'onde, oltre a diramazioni alla

capsula articolare del ginocchio, il *surale* ed i *plantari esterno* ed *interno*).

Dal plesso pudendo, che rappresenta una continuazione del plesso ischiatico e che trovasi al margine inferiore del muscolo piriforme, emanano: 1.° I nervi *emorroidarii medio* ed *inferiore* (il superiore dal plesso mesenterico inferiore dell' intercostale) che dopo essere entrati in numerose anastomosi coi plessi dell' intercostale, vanno agli sfinteri ed elevatore dell'ano, al fondo della vescica orinaria ed alla vagina. 2.° Il nervo *pudendo*, d' onde i nervi *perineale* e *dorsale del pene*.

Dal plesso coccigeo, che sta al davanti dell' omonimo muscolo, partono rami motori all'elevatore e sfintere esterno dell'ano, rami sensitivi alla cute di questa parte.

§ 26. *Azione fisiologica.*

La fisiologia dei nervi spinali riguarda piuttosto quella parte di essi, che per le radici spinali si estende alla sostanza grigia del midollo ed al cervello, anzichè l'altra, che dalle stesse radici si estende alla loro distribuzione periferica nei muscoli e nella cute.

Determinata una volta dalla legge di Bell la natura rispettivamente motrice e sensitiva delle radici spinali anteriori e posteriori, la fisiologia doveva tendere a stabilire pel tratto di decorso centrale delle fibre contenute nelle radici: come e dove lungo le medesime si trasmettesse la eccitazione motrice e sensitiva pel tratto di decorso periferico delle medesime: a quali muscoli ed a quali regioni sensitive della cute corrispondessero le eccitate fibre motrici o sensitive delle radici.

Delle principali cognizioni che si hanno intorno alla fisiologia delle radici spinali considerate nel loro tratto di decorso centrale, dicemmo parlando del centro cerebro-spinale. Ci restano quindi ad esporre le cognizioni fisiologiche emergenti da una considerazione generica dei nervi spinali e dalla eccitazione o paralisi sperimentale dei medesimi. Tali cognizioni riassumiamo nei seguenti enunciati.

1.° I nervi spinali presiedono alla motilità di quasi tutti i muscoli dello scheletro, non di quelli aventi i loro attacchi alla testa, che sono in genere innervati dai nervi cranici, astrazione fatta dall'elevatore della palpebra e dal radiato dell'iride.

2.° Prescindendo da quanto diremo sui rapporti che passano fra il sistema spinale e gangliare, si può dire fin d'ora, che dal midollo spinale deriva pure la innervazione per molti muscoli involontarii

e fra questi specialmente pei vaso-motori. Vuolsi da Pflüger che la eccitazione delle radici spinali anteriori induca stringimento delle arterie mesenteriche e della membrana natatoria della rana. Sperimentatori diversi ottennero contrazione d'intestini, di vescica, di ureteri, di utero, di condotti deferenti, irritando il midollo spinale.

Il muscolo radiato dell'iride riceve fibre motrici direttamente dal simpatico, indirettamente dal midollo spinale, dalla cui parte superiore emergono fibre, che per le radici anteriori del 2.° e 3.° spinale vanno al simpatico per raggiungere con fibre di quest'ultimo l'iride, al cui muscolo radiato vuolsi pure vadano fibre dell'ipoglosso pel ganglio cervical superiore. È pur dimostrato che le fibre spinali del dilatatore della pupilla si tengono in rapporti di riflessione, per cui esercitano la loro influenza sul muscolo irritando le corrispondenti radici posteriori.

Non volendo ammettere del resto una poco verosimile azione automatica del midollo spinale sulle fibre nervose dei muscoli involontarii, bisogna necessariamente ritenere che tutte queste fibre agiscano per riflessione.

3.° Le fibre spinali sensitive innervano il tronco e gli arti, non arrivando, pel capo, che alla regione occipitale.

4.° Le fibre di una radice spinale innervano soltanto le parti del lato corrispondente, quando però il territorio d'innervazione non si estenda ai visceri interni.

5.° In genere avviene, che il territorio d'innervazione delle radici spinali corrisponde approssimativamente al livello di loro inserzione al midollo, tuttochè v'abbiano topicamente o funzionalmente distinti gruppi di muscoli, che ricevono nervi da determinate regioni del midollo, senza riguardo alla loro ubicazione rispetto al medesimo. I nervi respiratorii che emanano dal 3.° all'8.° cervicale, e che oltre ad innervare gli scaleni e gli sterno-mastoidei, formano i frenici; i nervi emananti dal plesso brachiale per l'arto toracico, dal lombare e sacrale per l'arto pelvico; i nervi vaso-motori della testa e degli arti toracici (carotide comune e succlavia) dalla porzione cervicale inferiore e toracica superiore del midollo, sono esempj accertati di questo contegno, oltre ad altri verosimili e riferibili specialmente, oltrecchè alle azioni dell'apparato sessuale, ai movimenti della testa, della lingua e della laringe; ai movimenti di defecazione e di emissione delle urine.

6.° Lo stesso muscolo può essere innervato da fibre derivanti da diverse radici spinali, per cui non lo si paralizza col taglio di una sola radice; come da una sola radice spinale possono emanar fibre

per muscoli diversi. Non sempre però la stessa radice innerva gli stessi muscoli, nè un gruppo di muscoli funzionalmente collegati (estensori o flessori) è mai esclusivamente innervato da una e stessa radice. (Peyer).

7.° Non sono ancora conosciuti con precisione i territorii d'innervazione sensitiva delle singole radici spinali posteriori. Türk ha limitati approssimativamente questi territorii nel cane, dimostrando, che le singole radici spinali presiedono alla sensibilità di determinati circoli cutanei, senza concorso di altre radici vicine. Questi circoli sarebbero rappresentati pel tronco da zone orizzontali, e per le estremità da altre zone, che possono considerarsi come semplici espansioni delle zone del tronco. Avrebbe pure stabilito il principio, che per alcune zone e specialmente per quelle che corrispondono alle estremità degli arti, la innervazione sensitiva non è data da una sola, ma da varie radici spinali.

In base al criterio anatomico, Schröder v. d. Kolk avrebbe pure determinato, che le fibre sensitive di un tronco nervoso vanno sempre alla cute di quella parte di un arto, che vien mossa da muscoli, ai quali lo stesso tronco nervoso invia le sue fibre motrici. Questa norma, probabilmente generale, e la distribuzione in una stessa regione di fibre spinali da diverse radici, spiegano la necessità dei plessi, dai quali si ricomponessero nervi per i muscoli e per la cute dei più cospicui apparati locomotori.

CAPITOLO TERZO.

SISTEMA GANGLIARE O TRISPLANCNICO

---

§ 27. *Morfologia.*

I *nervi gangliari*, così detti per il gran numero di ganglii che intersecano il loro decorso, formano un sistema *trisplancnico* o del *grande simpatico*, che ritrae il suo nome dalla sua distribuzione nelle cavità cefalo-rachidiana, toracica ed addominale, ovvero dalla estensione delle sue azioni riflesse e consensuali.

Già ritenuto questo sistema quale anatomicamente e fisiologicamente indipendente dal cerebro-spinale, e, a differenza di questo, che presiede al disimpegno delle azioni animali, consideratolo applicato a quello delle azioni organiche o vegetative, discutesi ora, se realmente goda di una tale e tanta indipendenza anatomica e fisiologica. Riserbandoci di toccare più innanzi questo punto di dottrina nevrologica, facciamo precedere la conoscenza di quei dati anatomici, che in più diretta attinenza si tengono colla fisiologia di questo sistema.

Il grande simpatico può essere distinto in una *parte centrale* e in una *parte periferica*. La parte centrale consta di una serie di *venti ganglii* che fiancheggiano la colonna vertebrale dalla cervice ai lombi, e che sono riuniti fra loro per fasci di fibre nervose, formanti per ciascuna serie di ganglii il *cordone centrale* del simpatico. La parte periferica di questo sistema consta dei numerosi nervi, che sorti od usciti prevalentemente dai ganglii centrali, tenendosi di preferenza ai vasi sanguigni, e decorrendo plessiformi ed intersecati da ganglii, si decompongono, a quel che pare, di preferenza nei muscoli organici, mantenendo la stessa forma di plesso e lo stesso intersecamento di ganglii microscopici.

Astraendo dalla non accertata significazione delle sue espansioni intra-craniche, il simpatico si divide, rispetto alla sua ubicazione, in simpatico *cervicale*, *toracico* e *lombo-sacrale*.

La porzione cervicale del simpatico, consta di tre ganglii, dei quali il *superiore*, che è sempre maggiore del *medio* ed anche del-

l'*inferiore*, e che in genere è fusiforme, risiede sul muscolo retto-anteriore maggiore del capo, al davanti delle apofisi trasverse della 2.ª alla 4.ª vertebra cervicale, dietro la carotide interna ed all'interno del vago e dell'ipoglosso, alle cui guaine aderisce per stipato tessuto unitivo. Il ganglio medio trovasi all'interno dell'arteria tiroidea inferiore, mentre il ganglio inferiore trovasi al di dietro della succlavia, fra l'apofisi trasversa della 7.ª vertebra cervicale e il capitello della prima costa.

Mettono od emanano al o dal ganglio cervical superiore: 1.° rami comunicanti coi quattro o cinque nervi cervicali superiori; 2.° rami all'ipoglosso, al ganglio giugulare, al plesso nodoso del vago e al ganglio petroso del glosso-faringeo; 3.° rami vaso-motori alla carotide, che formano i *plessi carotici esterno* ed *interno*; 4.° rami faringo laringei, che formano i *plessi tiroideo superiore* e *faringo-laringeo* col 9.° e col 10.°, dando un ramo laringeo superiore; 5.° rami cardiaci, formanti il nervo *cardiaco superiore*, che qualche volta si spicca invece dal cordone di comunicazione col ganglio medio e decorrendo all'interno di questo cordone, si decompone nel *plesso cardiaco*, con interposizione di ganglii ed anastomosi colle fibre cardiache del vago.

Il ganglio cervical superiore si prolunga superiormente in una specie di cordone centrale, che alla sua entrata nel canal carotico colla carotide interna, si decompone nei *plessi carotici esterno* ed *interno*. Il plesso carotico esterno accompagna l'omonima arteria e si decompone in tanti plessi, quanti sono i suoi rami, presentando numerosi ganglii perfino nelle più esili espansioni. Il plesso carotico interno formatosi al dintorno della carotide interna nel canale carotico, diventa poi, colla stessa arteria, *plesso cavernoso* nell'omonimo seno, ove presenta spesso un ganglio, che alcuni anatomici considerano come ganglio cerebrale del simpatico. Da questo seno il plesso cavernoso si prolunga in plessi secondarii che accompagnano le più esili diramazioni della carotide interna, e che sono inseguibili fino alle arterie della fossa di Silvio e del corpo calloso.

Dal plesso carotico interno emanano: i nervi *carotico-timpanici superiore* ed *inferiore*; quest'ultimo alla parete posteriore del canal carotico; il primo, sotto il nome di *nervo petroso profondo minore*, per la cavità del timpano all'anastomotico di Jacobson: un ramo di comunicazione col ganglio sfeno-palatino, ramo che imparammo a conoscere come porzione inferiore grigia del nervo vidiano, di cui forma il *petroso profondo* (che dovrebbe dirsi *maggiore*) mentre la porzione bianca superiore, che va al ganglio genicolato del 7.°, è il *petroso superficiale*.

Dal plesso cavernoso emanano filamenti, che trapassata la parete esterna dell'omonimo seno, tengonsi in comunicazione col ganglio di Gasser, col 3.°, colla prima branca del 5.°; altri filamenti che nello stesso seno si tengono in comunicazione col 6.°; altri che accompagnano l'arteria oftalmica; altri ancora che danno la radice simpatica al ganglio ciliare; altri finalmente che comunicano col ganglio sfeno-palatino, ed uno, che convergendo coll'omologo opposto alla ipofisi, rappresenta in certo qual modo un'ansa di congiunzione cerebrale del simpatico, analoga alla coccigea.

Il ganglio cervical medio, oltrecchè col cordone centrale ai ganglii superiore ed inferiore, trovasi principalmente in rapporto: 1.° pei rami comunicanti col 5.° e 6.° nervo cervicale; 2.° per altri rami formanti il nervo *cardiaco medio*, col plesso cardiaco.

Il ganglio cervicale inferiore, oltre ai rami comunicanti coi nervi spinali 6.° e 7.° cervicale e primo dorsale, oltre a rami e conseguenti plessi vaso-motori all'arteria vertebrale, tiroidea inferiore e succlavia, si tiene in rapporti non costanti col vago, col frenico, col ricorrente laringeo, ed in rapporti costanti col plesso cardiaco per mezzo del nervo *cardiaco inferiore*, che qualche volta s'immette nel medio.

Degli undici ganglii toracici del simpatico (coperti dalla pleura costale) stanno i primi fra i capitelli delle coste, gli ultimi all'esterno di essi, epperò tutti più all'esterno dei ganglii cervicali, di cui sono anche più piccoli. Il cordone centrale dell'ultimo ganglio, trapassata la gamba posteriore esterna del diaframma, avvicinasi ancora, come nella cervice, alla colonna vertebrale per dar luogo ai quattro o cinque ganglii lombo-sacrali, più piccoli dei toracici, spesso comunicanti fra di loro per filamenti trasversali, schierati lungo il margine interno del grande psoas e dei fori sacrali, e confluenti per mezzo dei loro cordoni centrali nell'impari ganglio coccigeo, assai volte sostituito da un plesso o da una semplice ansa terminale.

Oltre ai rami comunicanti coi corrispondenti nervi spinali, molte volte doppii, specialmente pei ganglii lombo-sacrali, e qualche volta anzichè da essi, emananti dalla corrispondente porzione dei cordoni centrali, ove trovansi dei piccoli ganglii sussidiarii, mettono o partono:

1.° Ai o dai cinque o sei ganglii toracici superiori: diramazioni comunicanti coi plessi aortico, bronchiale, polmonare, esofageo e cardiaco per un considerevole nervo *cardiaco profondo*.

Il plesso cardiaco, formato principalmente dai quattro nervi cardiaci del simpatico, non che dai rami cardiaci dell'ipoglosso e del

vago, si estende dall'arco dell'aorta alla base del cuore, forma numerosi ganglii, fra cui il *grande cardiaco* di Wrisberg, e si estende alle diramazioni dell'aorta, all'arteria polmonare, alle cave, alle vene polmonari e per le arterie coronarie al cuore, ove forma i *plessi coronarii anteriore* e *posteriore*. Il *plesso aortico* non è che un prolungamento, per tutta l'aorta toracica, del plesso cardiaco, rinforzato da emanazioni dei superiori ganglii toracici del simpatico. I plessi *esofageo, polmonare* e *bronchiale* risultano specialmente dalla porzione toracica del vago, rinforzata da emanazione dei superiori ganglii toracici del simpatico e dei plessi cardiaco ed aortico.

2.° Ai o dai ganglii toracici inferiori: i due *nervi splancnici maggiore* e *minore*, che passato il diaframma fra le gambe medio-interne-posteriori, concorrono alla formazione dei plessi *celiaco* e *renale*.

L'impari plesso *celiaco* o *solare*, massimo fra i plessi del simpatico, circonda l'arteria celiaca alla sua origine dall'aorta, presenta, fra i moltissimi, due maggiori ganglii *celiaci* o *semilunari* sull'anteriore superficie delle gambe posteriori interne del diaframma, e risulta, olrecchè dagli splancnici, da emanazioni dei ganglii lombari superiori del simpatico, dal prolungamento del plesso aortico del torace e da quello del gastrico posteriore, formato principalmente dal vago.

Possono essere considerate come prevalenti emanazioni radiate del gran plesso solare, che tengono in genere la direzione dei corrispondenti vasi arteriosi: il plesso *diafragmatico;* il *coronario superiore*, alla piccola curvatura del ventricolo colla coronaria sinistra; l'*epatico*, che si estende al duodeno, al pancreas ed al *coronario inferiore;* lo *splenico;* il *soprarenale;* il *mesenterico superiore*, che si estende col plesso aortico addominale ai plessi *renali*, i quali alla lor volta collo stesso plesso aortico e con emanazioni del nervo spermatico esterno (dal nervo genito-crurale del plesso lombare) si estendono ai plessi *spermatici;* il plesso *mesenterico inferiore*, al colon discendente ed al retto, cui somministra il nervo emorroidario superiore, derivando il medio e l'inferiore dal plesso pudendo; il plesso *aortico addominale*, che formato da emanazione del plesso celiaco e dei ganglii lombari del simpatico, dopo essersi tenuto in comunicazione con tutti i precedenti plessi, si estende al plesso *ipogastrico superiore* (alla biforcazione dell'aorta) e da questo agli *ipogastrici inferiori*, che rinforzati da emanazioni dei ganglii sacrali e del *plesso pudendo*, si decompongono nei plessi *uterini* (*anteriore* e *posteriore*) e *vescicale*, che alla sua volta si decompone nei plessi *vaginale*, *prostatico* e *cavernoso*.

3.° Ai o dai ganglii lombo-sacrali: diramazioni comunicanti coi

plessi renale, spermatico, aortico, ipogastrico superiore ed inferiore, *coccigeo* e qualche volta mesenterico superiore.

Uno dei più interessanti cômpiti che la fisiologia affida all'anatomia è quello di determinare la esistenza e la portata dei rapporti in cui il sistema trisplancnico si tiene col cerebro-spinale; parendo a prima giunta che dall'assenza o presenza di rapporti anatomici fra i due sistemi, potesse risultare autorizzata o meno la distinzione fisiologica introdotta da Bichat, che applica il trisplancnico al disimpegno delle azioni vegetative, il sistema cerebro-spinale invece a quello delle azioni animali.

Alla soluzione del problema, molti applicaronsi in questi ultimi tempi, attenendosi principalmente al metodo di determinare l'andamento delle fibre simpatiche mediante il riconoscimento di queste fibre o normali o degenerate in seguito al taglio (§ 27 I).

Il riconoscimento dei normali elementi nervosi spettanti al sistema simpatico, presuppone l'accertata esistenza nei medesimi di tali caratteri, per cui si possano con altrettanta certezza distinguere dagli elementi fibro-cellulari del sistema cerebro-spinale. Siamo però ben lontani dalla possibilità di ammettere incontrastabilmente una tale esistenza, risultando facilmente ad ogni esperto osservatore la insussistenza o la non essenzialità dei caratteri che Bidder e Volkmann vorrebbero riconoscere alle fibre simpatiche, nella loro sottigliezza, nella semplicità del loro contorno e nella loro tendenza alla varicosità. Ciascuno infatti che siasi appena occupato dello studio microscopico dei nervi, avrà avuto campo di riconoscere la prevalente sottigliezza e varicosità delle fibre nel centro cerebrale prevalente sottigliezza e varicosità, che, sebbene inverosimilmente potrebbe però anche indicare una prevalenza di fibre simpatiche, quando non fosse accertabile la natura non simpatica di alcune di esse, quali ad esempio quelle dell'ottico. Nel loro tratto di decorso periferico poi, quasi tutte le fibre nervose presentano un contorno semplice, osservabile per tutta la loro lunghezza nelle fibre del nervo olfattorio.

Non esistono quindi, o quanto meno, non abbiamo per ora conoscenza certa di caratteri distintivi tra fibre cerebro-spinali e simpatiche, specialmente quando abbiansi a distinguere le une dalle altre nei loro tratti di decorso centrale o periferico, epperò dobbiamo ritenere per ora come impossibile l'assunto di designare la via, che nelle centrali masse nervose eventualmente tenessero le fibre simpatiche.

Nè a maggiori possibilità conduce l'altro metodo di rintracciare questa via sulla guida del peculiare aspetto che s'induce nelle fibre

nervose, per la degenerazione che ne subiscono i monconi periferici, separati colla recisione, dai loro così detti centri trofici. Küttner, che primo applicò questo metodo alla rana, tagliando in essa i rami comunicanti del simpatico col sistema spinale, non lo trova corrispondente allo scopo, per il motivo, che egli vorrebbe avere riscontrata la degenerazione del moncone periferico tagliando le radici spinali anteriori, la degenerazione invece del moncone centrale tagliando le radici spinali posteriori. Ora, partendo egli dalla supposizione che il centro trofico di amendue le radici stia nel centro cerebro-spinale, gli viene a mancare un punto di partenza fisso per giudicare della direzione in cui avviene la degenerazione, essendochè essa potrebbe tanto avvenire per fibre separate dal loro centro trofico (moncone periferico delle radici spinali anteriori) quanto potrebbe avvenire per fibre ancora comunicanti col loro centro trofico (moncone centrale delle radici spinali posteriori). Motivo per cui nella recisione di un ramo comunicante del simpatico, una eventuale degenerazione di fibre fra il taglio ed il ganglio simpatico potrebbe tanto indicare la degenerazione del moncone centrale di fibre simpatiche originate e trofizzate dal ganglio simpatico (come per le radici spinali posteriori) quanto potrebbe indicare la degenerazione del moncone periferico di fibre spinali motrici entrate nel ramo comunicante. Mentre invece una degenerazione di fibre fra il taglio e la comunicazione spinale potrebbe tanto indicare la degenerazione del moncone periferico di fibre simpatiche originate e trofizzate dal ganglio (come per le radici spinali anteriori) quanto potrebbe indicare una degenerazione del moncone centrale di fibre sensitive spinali entrate nel ramo comunicante, quale Küttner osservava pel moncone centrale delle radici posteriori.

Se però da una parte dobbiamo credere a Küttner che per la sezione delle radici spinali posteriori degenerino i monconi centrali, non è men vero che digenera pure il moncone periferico, o meglio quel tratto della radice che è compreso fra la sezione ed il ganglio spinale. Questo fatto fu da me riscontrato più volte nella rana ed anche nel cane. Attenendoci ora a quanto, se non esattamente in ogni suo dettaglio, è però in termini generali riconosciuto sulla dipendenza in cui si tengono le fibre nervose con dei centri trofici, dovremmo inferire, che nelle radici spinali posteriori si contengono due generi di fibre, l'uno dei quali avrebbe il suo centro trofico nel midollo spinale con degenerazione del moncone periferico fra la sezione ed il ganglio, l'altro nel ganglio stesso con degenerazione pure del moncone periferico fra la sezione ed il midollo spinale. O in altre parole dovremmo inferire: che nelle radici spinali

posteriori si contengono fibre, che avuta la loro origine dal midollo si dirigono al ganglio spinale, e fibre che avuta la loro origine dal ganglio spinale si dirigono al midollo.

Una tale evenienza ha pur luogo per i rami comunicanti del simpatico, i quali presentando delle fibre degenerate da ambo i lati del taglio, lascerebbero supporre, che in questi rami si contengano fibre di origine dal ganglio simpatico dirigentisi al centro spinale, e fibre di origine spinale dirigentisi al ganglio simpatico.

Come nelle fibre, così nelle cellule nervose l'anatomia microscopica non riconosce caratteri certi per distinguere fra queste ultime quelle che sono di spettanza del sistema gangliare. E differiscono pure grandemente le opinioni sui rapporti che in quest'ultimo sistema intercedono fra cellule e fibre. Rispetto al primo punto si vorrebbe attribuire alle cellule simpatiche la particolarità di essere circondate da guaine nucleifere (di natura unitiva) continuantisi in parte sulle fibre nervose derivanti dalle cellule e formanti, secondo Kölliker, le fibre di Remack. Volendo riconoscere il valore di questo carattere, la cui attribuzione positiva o negativa a tutte o alla maggior parte delle cellule che compongono un ganglio è arduo od impossibile, dobbiamo fin d'ora osservare, che questo carattere si è specialmente osservato per le cellule nervose dei ganglii spinali. Quanto al secondo punto relativo ai rapporti che passano nel sistema simpatico tra le fibre e le cellule nervose, si sono espresse tutte le opinioni possibili, che cioè le cellule simpatiche fossero apolari e non si tenessero in continuazione, ma in sola apposizione colle fibre (Valentin); che fossero prevalentemente unipolari con fibre dirette alla periferia (Kölliker); che fossero invece bipolari con fibre decorrenti in direzioni opposte alla periferia e al centro spinale (Wagner) o in direzione eguale alla periferia (Kölliker); che ve ne siano finalmente di multipolari con tre a dodici prolungamenti, pei quali sarebbe difficile determinare fin dove concorrano a formare delle fibre o a stabilire invece delle comunicazioni fra le cellule.

Secondo Küttner, tutte le cellule dei ganglii spinali sarebbero bipolari, e le fibre che ne derivano andrebbero l'una al centro l'altra alla periferia, od amendue alla periferia. Sarebbero invece unipolari le cellule dei ganglii simpatici e darebbero un prolungamento ampolliforme, che si dividerebbe, dopo più o men lungo decorso, in due rami trasformantisi in due fibre simpatiche a direzione eguale.

Le indicate incertezze che regnano sulla specificità degli elementi nervosi del simpatico e sui rapporti che tengono fra loro,

fanno già presentire le ancor maggiori incertezze che devono avvolgere i rapporti morfologici in cui si tengono i due sistemi simpatico e cerebro-spinale. Le tendenze manifestatesi a questo proposito si possono riassumere principalmente nel tentativo di abbattere anatomicamente l'enunciato fisiologico di Bichat sulla assoluta indipendenza del sistema simpatico dal cerebro-spinale, dimostrando la derivazione del primo sistema dal secondo; ovvero nell'altro tentativo di confermare per la stessa via l'enunciato medesimo, dimostrando la indipendenza anatomica dei due sistemi.

Propugnatori moderati della prima opinione furono Bidder e Volkmann, i quali ammettono che nei rami comunicanti del simpatico trovinsi pochissime fibre di derivazione dal midollo spinale e poche di derivazione dal ganglio spinale, che potrebbero cumulativamente considerarsi come origini spinali del simpatico. Ritengono poi che il massimo numero delle fibre componenti i rami comunicanti, entrate che sieno nel tronco spinale formatosi dopo il ganglio, si dirigano con esso alla periferia, venendo così a rappresentare delle fibre di emanazione dal ganglio simpatico, le quali ai due elementi (sensitivo e motore) dei nervi spinali, aggiungono l'elemento gangliare o simpatico. Kölliker, anzichè aggiungere, detrae alla circoscritta dipendenza ammessa da Bidder e Volkmann, riconoscendo soltanto delle fibre al simpatico emananti dai ganglii dei nervi spinali o cerebrali, ma non dagli stessi centri spinale o cerebrale.

Axmann attribuisce una maggiore e più complicata estensione alla dipendenza anatomica dei due sistemi, ammettendo, che nei rami comunicanti del simpatico entrino: 1.° delle fibre originate dai ganglii simpatici e decorrenti alla periferia coi nervi spinali; 2.° delle fibre di origine dal midollo spinale o dai ganglii dei nervi spinali, decorrenti ai ganglii del simpatico; 3.° delle fibre che avuta la loro origine da questi ganglii, vanno nel midollo spinale o nei ganglii dei nervi spinali.

A differenza dei precedenti autori che ammettono fra il sistema spinale e simpatico un rapporto in direzione unica per fibre che dal midollo spinale o dai ganglii spinali entrerebbero nel simpatico, Axmann aumenta la dipendenza reciproca dei due sistemi, ammettendo fra essi un rapporto in direzione duplice, per fibre, che dai ganglii simpatici vanno al midollo spinale ed ai ganglii dei nervi spinali.

A proposito di questa e della precedente opinione ci sia però lecito di chiedere, come debbasi intendere la origine e la terminazione delle fibre nei ganglii e nei centri nervosi. Ammesso che si stabilisca l'origine di una fibra nervosa laddove essa diparte da

una cellula nervosa, e ritenuto che delle fibre originarie del midollo spinale o dei ganglii spinali entrino nel simpatico per avere la loro terminazione alla periferia, bisognerebbe ammettere nel midollo spinale e nei ganglii spinali tante cellule unipolari, quante sono le fibre originate, poichè se da queste cellule partisse verso il centro spinale una seconda fibra che le rendesse bipolari, allora questa fibra potrebbe essere considerata quale continuazione mediata (attraverso una cellula nervosa), dell'altra fibra periferica, la quale non potrebbe dirsi in allora originata da questa cellula. Applicando lo stesso ragionamento alle fibre che Axmann ritiene originate dal simpatico e terminanti nel centro o nei ganglii spinali, bisogna ammettere nei ganglii simpatici tante cellule unipolari, quante sono queste fibre, poichè se da esse partisse verso la periferia una seconda fibra che le rendesse bipolari, potrebbesi questa ritenere come una continuazione mediata della prima, ed avere la intiera fibra piuttosto come una emanazione spinale, che passando per le cellule dei ganglii simpatici terminasse alla periferia. Insomma, per designare in questo tratto l'origine e la terminazione delle fibre bisogna stabilire con certezza la loro derivazione da cellule unipolari, altrimenti può tanto ritenersi origine quello che potrebbe essere terminazione e viceversa, epperò in mancanza di accertati caratteri distintivi, potrebbero tanto ritenersi di provenienza spinale che simpatica le fibre, a norma dell'origine e della terminazione che loro si attribuiscono.

Ora lo stesso Axmann conviene nell'ammettere la esistenza nei ganglii simpatici di cellule bipolari con fibre in opposte direzioni, e ciò ritenuto domandiamo ad ogni esperto di cose microscopiche, se nel labirinto cellulo-fibroso dei ganglii, sia possibile designare anche soltanto approssimativamente delle cellule unipolari ed affermare l'unipolarità loro dopo un maneggio di preparazione che avrebbe potuto renderle artificialmente unipolari.

Ci dimandiamo d'altra parte se la penetrazione di constatate fibre gangliari nel centro cerebro-spinale, e la pur constatata ed inversa penetrazione nel sistema gangliare di fibre cerebro-spinali costituisca un sufficiente argomento per ammettere la derivazione del sistema simpatico dal cerebro-spinale. Non potrebbero le fibre cerebro-spinali penetrare nei ganglii simpatici, mantenendo i loro caratteri e le loro attribuzioni?

Ora volendo anche ammettere la esistenza di tali caratteri, pei quali, le fibre simpatiche si possano indubbiamente giudicare per tali, come potrassi affermare con certezza che alcune di queste fibre derivino piuttosto da cellule nervose proprie del midollo spinale

originando il simpatico, anzichè penetrino nel midollo, in ganglii propri del simpatico, che avrebbe nella stessa compage del midollo ed anche del cervello, la sua distribuzione, identica a quella che le si attribuisce per moltissimi altri organi? Lo Schiff che forse riconobbe questa soverchia complicazione del quesito anatomico, tentò dimostrare fisiologicamente la derivazione di radici spinali del simpatico, partendo dal principio, che, se queste radici esistono devono avere il loro centro trofico nel midollo spinale, epperò tagliando quest' organo dovranno aver luogo delle degenerazioni nel simpatico. Tali degenerazioni si vorrebbero infatti ottenute da Schiff, ma esse lasciano ancor dubbio l'assunto di dimostrare l'origine spinale delle fibre simpatiche, pel motivo, che il taglio istituito da altri osservatori su ambe le radici spinali non produsse degenerazione nel sistema simpatico.

La indipendenza anatomica del simpatico dal sistema cerebrospinale fu sostenuta in questi ultimi tempi principalmente da Küttner, il quale negando in genere ogni passaggio di fibre simpatiche nei rami comunicanti coi nervi spinali, impugna la esistenza di ogni qualsiasi comunicazione del simpatico col midollo spinale, ammettendo invece una comunicazione fra il midollo e le cellule dei ganglii spinali, da cui emanerebbero fibre di natura spinale, decorrenti queste alla periferia, senza passare pei rami comunicanti nel sistema simpatico. Tutte le fibre poi che formano questi rami, avrebbero , secondo Küttner, la loro origine nei ganglii simpatici e non andrebbero nè ai ganglii spinali, nè al midollo spinale, ma entrerebbero nel ramo spinale dorsale per dirigersi alla periferia. Le conclusioni di Küttner sono principalmente fondate sulla possibilità di distinguere le fibre simpatiche, per la loro sottigliezza, dalle fibre spinali; sul principio della degenerazione del moncone periferico delle fibre recise, e sulla conseguente illazione di rintracciarne l'origine nel non degenerante moncone centrale, che sarebbe appunto quello in comunicazione col ganglio simpatico, pei rami del medesimo comunicanti col sistema spinale. E a proposito appunto di questi dati fondamentali delle illazioni di Küttner, ci permettiamo di osservare: come sia tutt'altro che accertata una specificità delle fibre simpatiche, specialmente quando la si voglia desumere da una maggiore sottigliezza delle medesime: come lo stesso Küttner abbia ammessa nelle radici spinali posteriori la possibilità di una degenerazione del moncone, che egli considera centrale o di derivazione spinale, anzichè periferico o di derivazione dal ganglio spinale: come finalmente, essendo per lo meno probabile che le fibre simpatiche mantengano fra loro in comunicazione i ganglii simpatici (e

forse questi coi ganglii spinali) verrebbero esse in allora a ritenersi con ambo le loro estremità in rapporto con cellule nervose, nel quale caso sarebbe questionabile, se in seguito al taglio avvenga la degenerazione verso l'una delle due estremità, e nel caso che avvenga, se questa estremità possa e debba considerarsi come periferica.

Da quanto dicemmo fin'ora, risulta, che sotto il punto di vista anatomico la questione sulla indipendenza o meno del simpatico può dichiararsi senza esitazione insolubile, fino a tanto almeno, che non siano accertati dei caratteri distintivi fra gli elementi nervosi del sistema simpatico e quelli del sistema cerebro-spinale.

Non saremo quindi accusati di soverchio ardimento, se in vista delle opinioni che si espressero in base ad argomenti così incerti, tenteremo di esprimerne una, che diparta da generali considerazioni fisiologiche.

Gli animali presentano delle sensazioni (percepite) e dei movimenti volontarii e non volontarii. I movimenti che noi diciamo volontarii relativamente (perchè la volontà non agisce in genere sui singoli, ma sopra intieri gruppi di muscoli) si compiono nei muscoli, che hanno i loro attacchi allo scheletro, e sono sempre l'effetto di una preceduta percezione. I movimenti non volontarii si compiono nei muscoli che non hanno i loro attacchi allo scheletro (generalmente lisci) e potrebbero essere l'effetto, o di una eccitazione relativamente automatica di centri motori, come si suppone pel cuore; ovvero della preceduta azione di una fibra sensitiva, che abbia eccitato questi centri senza raggiungere il grado di percezione; ovvero anche di una preceduta percezione, cui abbia tenuto dietro il movimento di reazione, senza concorso della volontà (pupilla).

Queste ultime due maniere (più certe e generali) d'insorgere dei movimenti nei muscoli non volontarii, esprimono quella forma di movimento che dicesi *riflesso*, e che è sempre l'effetto di una preceduta eccitazione, percepita o non percepita, di fibre sensitive.

Non essendo però mai volontaria l'azione di questi muscoli, tuttochè il centro di riflessione possa coincidere coi centri di sensazione od anche coi centri di percezione, non sarà necessario che le rispettive fibre motrici si tengano in comunicazione con quelli dei centri nervosi, dai quali emana la volontà.

Ma di movimenti riflessi sono pur capaci i muscoli volontarii. Se non chè essendo questi muscoli chiamati anche ad agire sotto l'influenza della volontà, dovranno i loro centri di riflessione tenersi in comunicazione col centro di volizione, per opera del quale spiegasi anche nella massima parte dei casi una influenza negativa o moderatrice, positiva od incitatrice del movimento riflesso.

Volendo ammettere ora come dimostrato che sieno le fibre di origine cerebro-spinale quelle che presiedono ai movimenti volontarii e le fibre simpatiche invece quelle che presiedono ai movimenti non volontarii, dovranno le prime avere dei rapporti di connessione più complicati, siccome quelle, che oltre all'avere dei centri di riflessione, dovranno tenersi in relazione con quelli altri centri, nei quali si elabora e d'onde emana l'azione volitiva, sia poi che questi centri abbiano la loro sede esclusiva nell'organo cerebrale, sia che si estendano invece più o meno nel midollo spinale. L'esame generico dei vertebrati, che sono quindi muniti di un centro spinale, dimostra, che le azioni riflesse dei muscoli volontarii hanno i loro centri di riflessione nelle masse cerebrale o spinale, non nei ganglii isolati da esse. È possibile ottenere dei movimenti riflessi dalla punta caudale di una lucertola, che contenga ancora una estrema parte di midollo spinale, ma non è più possibile averli da un arto isolato o da qualsiasi parte di un tale organismo, cui siasi demolito il centro cerebro-spinale. Movimenti riflessi nell'ordine dei muscoli non volontarii, e quindi presumibilmente del simpatico, sono ottenibili invece dai ganglii extra-spinali, come lo dimostrano, la contrazione del cuore e del tubo intestinale esportato, il movimento dell'iride e quello ancora di secrezione salivare. Risultando ora dalle misurazioni di Kölliker, che le fibre nervose contenute nel midollo spinale formano un fascio abbastanza corrispondente al fascio sommario di tutte le radici spinali, se ne potrà arguire, che tutte le fibre destinate al movimento volontario ed alla sensazione percepita ascendono dalle radici pel midollo spinale al cervello. Questa ascensione potrebbe essere o diretta, o più probabilmente indiretta, per una o varie interposizioni di cellule della sostanza grigia, che agirebbero da centri di riflessione. Ritenuto che tutte le fibre motrici volontarie e sensitive si contengano nel midollo spinale, sarà eliminabile il dubbio che altre di esse possano avere la loro origine al di fuori di questo centro, epperò non si potranno considerare come origini di fibre sensitive i ganglii delle radici posteriori. Dicemmo come le cellule di questi ganglii abbiansi per unipolari verso la periferia da alcuni, per bipolari verso la periferia e verso il centro da altri. In questo secondo caso potrebbero essere considerate come fibre sensitive spinali prolungantisi alla periferia indirettamente per interposizione di cellule gangliari. Come però una tale interposizione coincide in genere coi centri di riflessione e come i ganglii delle radici spinali non sono capaci di riflessioni sui muscoli volontarii, (e non ponno esserlo perchè estranee al ganglio le radici anteriori)

così sarà più logico ammettere, che i ganglii delle radici posteriori spettino al sistema intercostale, emanando fibre, le quali per una parte vanno a mettersi in comunicazione colle cellule dei ganglii simpatici pei rami comunicanti, mentre per l' altra avanzano al midollo spinale. Questi prolungamenti però che dai ganglii spinali entrano nel midollo, e che non devono essere molti, se riuscì contestata la loro esistenza, non dovrebbero ascendere agli organi psichici col fascio delle radici spinali, altrimenti entrerebbero nell' ordine delle fibre cerebro-spinali; ma comunque si contengano, non devono avere con questi organi che relazioni indirette. Quello che avviene pei ganglii delle radici spinali posteriori, a cui convergono, senza prendervi parte, le radici anteriori ed a cui mettono pure le radici simpatiche pei rami comunicanti, avviene assai probabilmente pei ganglii dei nervi sensitivi cranici, cui mettono pure radici simpatiche o molli ed a cui convergono radici motrici, le quali però, forse per tutti, come evidentemente pel ganglio semilunare, non entrano negli elementi cellulari del ganglio. Ciò essendo, anche i ganglii dei nervi cranici, nei quali non hanno mai luogo riflessioni su muscoli volontarii, mentre vi scorgiamo riflessioni su muscoli involontarii (ganglio oftalmico per l'iride, ganglio genicolato pei vasi delle ghiandole salivari, ganglio semilunare pei vasi dell' occhio) dovrebbero considerarsi come centri di emanazione di fibre simpatiche a guisa dei ganglii spinali, pei quali è pure ammessa una influenza vaso-motrice, che forse, per ulteriori, benchè difficili studj, potrebbe estendersi anche ai muscoli involontarii del tubo intestinale e delle sue svariate derivazioni.

Oltrecchè però da questi ganglii, le fibre del simpatico sono intersecate dai ganglii centrali di questo sistema e da una innumerevole quantità di altri ganglii, che, coll'assottigliarsi dei nervi e dei plessi relativi, vanno sempre più impicciolendo e facendosi microscopici.

Quale sia il probabile contegno delle fibre nervose in questi ganglii emerge dalla premessa, che il simpatico agisca motoriamente soltanto sui muscoli involontarii.

Le fibre motrici del simpatico non essendo influenzate dalla volontà, non avranno bisogno di accedere fino ai centri relativi, ma potranno considerarsi come fibre, mettenti coi loro capi a cellule nervose di due ganglii.

Per comunicazione di queste con cellule nervose terminali di altre fibre, le prime si continuerebbero nelle seconde, o quanto meno, diventerebbe possibile la trasmissione della eccitazione motrice dalle prime alle seconde e viceversa. Dai minimi ganglii, che rappresen-

terebbero in certa guisa la modalità di periferica distribuzione reticolata delle fibre motrici del simpatico, tali fibre si continuerebbero per anastomosi cellulare ai ganglii maggiori, che concentrerebbero fibre da diversi territorii periferici, e che alla lor volta convergerebbero ai massimi o centrali ganglii comunicanti fra loro per cordoni intermedii. Da una tale disposizione spiegherebbesi, come i fenomeni motorii abbiano una estensione tanto maggiore, quanto è più centrale il ganglio eccitato, per cui, se eccitando, per esempio, il ganglio sotto-mascellare si hanno fenomeni vaso-motorii circoscritti alla omonima ghiandola, si hanno invece fenomeni vasomotorii estesi a tutto il lato corrispondente della testa eccitando il ganglio cervicale superiore. La estensione appunto dei fenomeni che si destano colla eccitazione di un ganglio centrale del simpatico rispetto alla sua circoscrizione quando ledesi un ganglio periferico, dimostrerebbe, che assai probabilmente nei cordoni centrali del simpatico si estendono i prolungamenti di quelle fibre motrici, che parteciparono alla formazione di ganglii o di plessi periferici.

E giacchè vedemmo essere tanto arbitrarie le opinioni sul contegno anatomico del simpatico, potremmo, sulla guida dei fenomeni fisiologici tenerci autorizzati ad opinare: che dovunque sonvi dei ganglii fuori della massa cerebro-spinale (ed anche dentro di essa pei periferici ganglii simpatici di questa parte) quivi sieno dei centri di riflessione simpatica, per modo, che la estensione del territorio di riflessione venga ad aumentare collo insorgere o collo estendersi della eccitazione verso i ganglii centrali. Nel ganglio cervical superiore arrivando, per esempio, le fibre motrici che passarono i ganglii dei nervi cranici e dei primi spinali, avranno queste fibre nel ganglio suddetto un centro di eccitazione comune e quindi avente una estensione massima rispetto ai parziali centri da cui derivarono le fibre al ganglio centrale, e in questi parziali centri una estensione maggiore che in altri più piccoli da cui derivano questi. Gli è per questa via, che se noi, a modo di esempio, non abbiamo effetti sensibili che sulla pupilla eccitando il ganglio oftalmico, ne abbiamo (senza gl'ignoti) di più estesi alla pupilla ed all'occhio ledendo il ganglio semilunare, di più estesi ancora alla metà corrispondente della testa ledendo il ganglio cervical superiore. E come i ganglii centrali stanno in comunicazione fra di loro, così diventerà possibile la trasmissione della eccitazione da un ganglio all'altro e la conseguente apparizione dei fenomeni di riflessione nei territorii innervati dai due ganglii, quale avverasi nella dilatazione della pupilla e nella salivazione da elmintiasi e quale pure avverasi nella eccitazione consensuale delle ovaje, dell'utero e delle ghiandole mammarie.

Nell'esteso e complicato intreccio delle riflessioni simpatiche interesserebbe evincere, se le fibre che eccitano riflessoriamente i centri motori del simpatico sieno le ordinarie fibre sensitive cerebro-spinali, o non piuttosto una speciale categoria di fibre eccito-motrici. Al sistema simpatico si attribuisce generalmente una sensibilità desunta o da fatti patologici, quali ad esempio le enteralgie, o da fatti sperimentali nei segni di dolore che darebbe l'animale eccitando o l'uno o l'altro de' suoi ganglii simpatici. Tuttochè dobbiamo premettere non essere in ambo i casi dimostrata con sufficiente rigore la sensibilità delle fibre simpatiche, atteso il decorso di esse colle fibre cerebro-spinali, pure, come dalla peculiarità del contegno motorio di alcuni organi si ammette per essi la innervazione motrice del simpatico, così deducesi la innervazione sensitiva del medesimo dalla peculiarità del loro contegno sensitivo.

Questa peculiarità di contegno sensitivo degli organi innervati dal simpatico è principalmente negativa, nel senso, che tali organi sono poco sensibili, specialmente ai loro stimoli ordinarii, mentre agli stimoli per qualità o quantità non ordinarii rispondono con una sensibilità vicina o identica al dolore e molto indistintamente localizzabile. Non si ha sensazione delle bevande e dei cibi che entrano nel ventricolo; se questi però siano troppo caldi o troppo freddi, allora si ha una sensazione indistinta ed identica per amendue, non equiparabile alla sensazione termica dalla cute, ma a quella sensazione prossima al dolore che suolsi destare dalla cute con temperature troppo basse o troppo elevate. Si può quindi affermare in genere, che le fibre sensitive del sistema gangliare comunicano coi centri percettivi, senza che si possa dire se la peculiarità del loro contegno tenga alla natura loro o a quella della loro comunicazione coi centri medesimi. Potrebbero cioè essere tali fibre, nelle quali il movimento nervoso non assumesse, ad esempio, il carattere del movimento tattile o termico, quale possono assumerlo le fibre sensitive della cute; o potrebbero le loro comunicazioni coi centri percettivi essere talmente indirette, per interposizione di cellule gangliari, da non essere trasmesse ai centri percettivi se non quelle eccitazioni che valsero a vincere le interposte resistenze, e che per la loro forza valsero a determinare una sensazione dolorosa, quale appunto osservasi sotto forti eccitazioni delle fibre sensitive della cute.

Come però negli organi innervati dal simpatico possono insorgere sensazioni fortissime, per cause lievi, almeno in apparenza, e come le fibre simpatiche, tuttochè non bene conosciuti e determinati, sembrano avere dei caratteri fisici loro proprii, così po-

trebbe essere meglio autorizzata la tendenza a ritenere, che le fibre sensitive proprie del simpatico sieno diverse dalle fibre spinali, colle quali soltanto si terrebbero indirettamente in comunicazione nei centri gangliari proprii del sistema cerebro-spinale, per la eventuale trasmissione ai centri percettivi.

Una tale interpretazione diventa tanto più attendibile quando si pensi che in base alla medesima si può concepire la esistenza di un corpo vivo, il quale mancando di un sistema cerebro-spinale funzionasse per sole azioni riflesse del simpatico, rappresentando in certa guisa un anello di congiunzione fra i vegetali che funzionano senza nervi e gli animali che sentono la loro esistenza.

Non è per verità dimostrato che questa sensazione emanante dal senso generale si desti soltanto negli ordinarii centri percettivi del sistema cerebro-spinale e non possa pure destarsi nei centri gangliari del sistema simpatico; ma in ogni modo è dimostrato che nella serie zoologica va recedendo sempre e forse scomparendo affatto un sistema cerebro-spinale, con graduata prevalenza delle riflessioni simpatiche, quali osservansi anche nei casi teratologici di relativa anencefalia e quali veggonsi anche fisiologicamente in un'epoca (fetale) in cui pare che il sistema cerebro-spinale non abbia raggiunto ancora un grado di sviluppo consentaneo alla sua entrata in azione.

Queste considerazioni lasciano luogo alla possibilità di ammettere una comunicazione (nel senso indicato) del sistema simpatico col cerebro-spinale, ogni qualvolta questo secondo sistema esista, come in un altro ordine di sviluppo, la esistenza di varii sistemi vascolari (arterioso, venoso e linfatico) lascia luogo alla possibilità di spiegare una loro comunicazione indiretta, che mancherebbe ogni qualvolta il sistema vascolare fosse rappresentato da un unico tubo. Così mancherebbero naturalmente le comunicazioni cerebro-spinali del simpatico al mancare del primo di questi sistemi, ma non sarebbe nullameno compromessa la esistenza del secondo, come realmente non sembra esserlo nella serie zoologica e come invece dovrebbe esserlo quando alle ordinarie fibre cerebro-spinali si riferissero le fibre eccito-motrici del sistema simpatico.

Tali considerazioni lasciano luogo alla possibilità di ammettere fra i due sistemi delle connessioni anatomiche riferibili specialmente alla immissione nel centro cerebro-spinale di fibre simpatiche destinate alla innervazione dei vasi proprii del centro suddetto, suscettibili di formare in esso, come fuori di esso, dei plessi intersecati da ganglii, capaci alla lor volta di agire riflessoriamente tanto sui vasi cerebro-spinali, quanto su organi estrinseci a questo

centro ed innervati dai prolungamenti extra-cerebro-spinali di fibre immittentisi nel cervello e nel midollo spinale.

Gli è di tal guisa, per esempio, che eccitando il midollo allungato si potrebbe ottenere una dilatazione della pupilla per trasmissione alle fibre simpatiche dell'iride attraverso il ganglio cervical superiore. Come pure, eccitando le fibre decorrenti nel midollo spinale per le radici anteriori si otterrebbero fenomeni vaso-motorii extra-spinali, per trasmissione della eccitazione ai prossimi ganglii simpatici extra-spinali ed alle fibre vaso-motrici che da questi ganglii derivano.

Vorremmo quindi conchiudere, che fra i due sistemi cerebro-spinale e simpatico vi sono delle intime e reciproche connessioni anatomiche, tanto per immissione di fibre simpatiche nel centro cerebro-spinale, quanto per decorrenza di fibre cerebro-spinali con fibre simpatiche, ma che il sistema simpatico è funzionalmente distinto dal sistema cerebro-spinale.

§ 28. *Azione fisiologica.*

Riassumendo l'esposto del precedente paragrafo: il simpatico rappresenta per noi una rete nervosa composta di fibre motrici involontarie e di fibre sensitive od eccito-motrici. Le fibre motrici dotate di eccitabilità automatica (relativa) e di eccitabilità riflessa, decorrono da un ganglio all'altro fra due cellule nervose, e per mezzo di anastomosi cellulari si estendono dalle più periferiche parti della rete simpatica a' suoi ganglii centrali, comunicanti pure fra loro per mezzo dei cordoni intermediarii.

L'automatica o riflessa eccitazione di queste fibre potrà quindi trasmettersi in doppio senso lungo i loro prolungamenti, e manifestarsi questa trasmissione con dei fenomeni motorii in quelle parti, colle quali è più diretta la comunicazione nervosa ed è minore quindi la resistenza.

Un contegno analogo si può supporre per le fibre sensitive od eccito-motrici, che nelle parti più periferiche della rete simpatica emergendo da cellule gangliari comunicanti con quelle delle fibre motrici, risalirebbero gradatamente per mezzo di cellule nervose ai ganglii più centrali, per modo da diffondere l'eccitazione riflessa nel senso della resistenza minore e da trasmetterla anche alle fibre cerebro-spinali, coi prolungamenti cellulari delle quali potrebbero (quando esiste un sistema cerebro-spinale) anastomizzarsi quelli delle cellule simpatiche, nella stessa guisa che nello sviluppo del

sistema sanguigno si stabiliscono le anastomosi fra le diverse provincie vascolari. La massa cerebro-spinale, siccome quella che nei suoi vasi contiene elementi contrattili innervabili dal simpatico, dovrà come ogni altro organo ricettare nervi gangliari, che vedonsi infatti penetrarvi coi vasi e che in grembo alla massa nervosa dovranno pure decomporsi in reti periferiche intersecate da ganglii.

Del resto le fibre del sistema simpatico non decorrono sempre isolate, ma possono entrare alla formazione dei nervi insieme alle fibre del sistema cerebro-spinale.

Richiamata l'idea, che in mezzo a svariate e più o meno attendibili ipotesi, credemmo lecito farci sul contegno e sui rapporti anatomici del simpatico, vediamo ora se questa si presti alla interpretazione dei fenomeni fisiologici, che al medesimo si attribuiscono.

Nello studio fisiologico del simpatico consideriamo partitamente le sue azioni generali: motrici, sensitive e trofiche.

Azione motrice del simpatico. — Si ammette che l'azione motrice del simpatico sia sempre involontaria e si desume anzi l' innervazione simpatica di un'organo dalla normale impossibilità di destarvi dei movimenti volontarii. Non può dirsi volontario il movimento della pupilla osservato da Budge, immaginando la luce o l'oscurità. Se il fatto è vero, dovrebbe piuttosto essere considerato come l'effetto di una eccitazione psichica del centro percettivo di riflessione sull'iride, come nella salivazione per reminiscenza si avrebbe una eccitazione psichica del centro percettivo, diffusa alle fibre eccito-motrici e riflessa da queste sulle fibre vaso-motrici delle ghiandole salivali. Le stesse fibre gangliari che vanno ai muscoli volontarii non sembrano avere nella generalità dei casi influenza sulla loro contrazione; essendochè questi muscoli si paralizzano completamente se i loro nervi vengono tagliati al disopra dei rami di comunicazione col simpatico, nè la eccitazione di questi ultimi rami desta il movimento nei muscoli corrispondenti.

Le contrazioni ritmiche del cuore esportato, le contrazioni peristaltiche dell'intestino, degli ureteri, delle tube fallopiane, dell'utero, osservabili anche dopo la distruzione del centro cerebro-spinale, non possono altrimenti spiegarsi che ammettendo nei ganglii centrali e periferici del simpatico dei centri di eccitazione riflessa ed anche probabilmente automatica, se ciò è lecito almeno desumere dalla deficienza di stimoli sensibili, o, quanto meno, dalla forma ritmica delle azioni in presenza di agenti costanti ed estesi, quale ad esempio sarebbe l'aria atmosferica, ove questa si volesse considerare come stimolatrice delle contrazioni ritmiche del cuore esportato o delle contrazioni vermicolari del tubo intestinale denudato.

L'osservazione dimostra che si possono destare movimenti in organi motoriamente innervati dal simpatico, come l'iride, lo stomaco, l'intestino, eccitando varie parti del centro cerebro-spinale o le radici anteriori dei nervi spinali (Pflüger). Partendo dal concetto che ebbimo a farci sui rapporti morfologici del simpatico, si potrebbe spiegare questo fatto ammettendo, che fibre motrici cerebro-spinali mettano ai ganglii simpatici e destino in essi una eccitazione motrice in modo analogo a quello, per cui si ritiene che le fibre del pneumo-gastrico esercitano invece un'azione moderatrice sui centri gangliari del cuore; ovvero anche ritenendo, che nella massa degli eccitati centri cerebro-spinali esistano periferici ganglii simpatici, dai quali la eccitazione trovi resistenza minore per diffondersi di preferenza agli uni che agli altri organi motoriamente innervati dal simpatico; ovvero finalmente, che nei ganglii delle radici spinali si stabilisca una comunicazione con fibre eccito-motrici, le quali ecciterebbero riflessoriamente le origini gangliari delle fibre simpatiche.

I movimenti che si destano colla eccitazione del simpatico differiscono da quelli che si determinano colla eccitazione delle fibre cerebro-spinali. Tali differenze sono specialmente relative alla forma della contrazione ed al tempo che intercede fra essa e l'eccitazione. Quanto alla forma, la eccitazione del simpatico non determina mai il tetano, che vediamo insorgere eccitando il midollo spinale. Applicando anche ai cordoni intergangliari del simpatico una corrènte tetanizzante, vediamo insorgere nell'intestino delle contrazioni energiche, le quali hanno forma peristaltica, ma non tetanica. Se questa forma peristaltica di contrazione, tanto comune nell'intestino e in altri apparati tubulari (condotti escretori delle ghiandole ecc.) innervati dal simpatico, dipenda da una eccitazione meccanica che le precedenti fibre contratte esercitano sui nervi delle fibre successive, ovvero invece se tenga ad una ordinata trasmissione diretta o riflessa della eccitazione ai succedentisi sistemi di fibre per l'intermezzo di relativi ganglii simpatici (formanti, come è noto, una rete nello spessore delle tonache intestinali) è arduo per ora il risolvere e solo possiamo con qualche ragione dubitare, che la mancata forma tetanica della contrazione possa dipendere dalla interposizione dei ganglii (che aumentano forse la resistenza alla diffusione della eccitazione) poichè evitando di questi ganglii con la eccitazione diretta dell'intestino, mediante applicazione degli elettrodi a punti opposti di una sezione verticale del medesimo, meglio che una contrazione a forma peristaltica si determina un cingolo relativamente localizzato al piano di applicazione degli elettrodi stessi. A questa probabile resi-

stenza degli interposti ganglii devesi pure che il movimento peristaltico dell'intestino insorga più costantemente sotto la eccitazione dei ganglii periferici emananti dal plesso solare, che non sotto la eccitazione dei ganglii centrali. L'irritazione chimica dello stesso plesso solare indusse un energico movimento peristaltico (Müller) che manca assai volte irritando il cordone intergangliare.

Quanto al tempo che intercede fra la eccitazione e l'insorgenza de' suoi effetti sul muscolo, l'osservazione dimostra, che la contrazione ed il rilasciamento succedono pei muscoli organici molto più tardi al cominciare ed al cessare dello stimolo, di quello avvenga pei muscoli animali. E qui è pur arduo il decidere, se tale differenza dipenda piuttosto da più lenta trasmissione del movimento molecolare nei nervi gangliari, anzichè da peculiarità dei rapporti anatomici fra essi (interposizione di ganglii) o di essi coi muscoli. La seconda opinione è resa più verosimile dalla circostanza, che tali differenze di tempo (tuttochè eventualmente diminuite) osservansi pure nella eccitazione elettrica diretta delle due specie di muscoli.

Alla innervazione motrice del simpatico sono pur sottoposte le fibre muscolari dei vasi, specialmente arteriosi. Al § 38 II, abbiamo concisamente accennate le sperienze di Dupuy-Bernard, intorno alla influenza che la recisione e la eccitazione del simpatico cervicale dispiegano sovra due opposti stati di dilatazione vascolare con arrossamento, e di coartazione vascolare con impallidimento della metà corrispondente della testa e specialmente dell'orecchio veduto in coniglio bianco. Fu pure osservato da Bernard che al primo di questi stati va congiunta una elevazione di temperatura ed un abbassamento al secondo; circostanza questa, la quale non può altrimenti dipendere che da aumento di combustione organica per corrispondente aumento di massa sanguigna. Ciò è sì vero che B. Sequard, il quale ha confermato ed esteso le sperienze di Bernard, dimostrando analoghe azioni del simpatico addominale sugli arti inferiori, richiamò l'attenzione sul fatto, che anche un semplice afflusso sanguigno alla testa può avere lo stesso effetto, che ha il taglio del simpatico sulla temperatura dell'orecchio. Aggiungiamo anzi, che si può a beneplacito determinare l'arrossamento dell'orecchio del coniglio ed elevarne la temperatura soffregandolo un istante fra le dita. Schiff ha dato un'altra prova sperimentale del rapporto che passa fra lo stato dei vasi e la temperatura della parte, dimostrando, che l'aumento di temperatura non ha luogo quando al taglio del simpatico si faccia precedere la legatura delle carotidi e delle vertebrali.

Fu pure dimostrata da Callenfels una influenza del simpatico sui vasi del cervello, quanto chè avrebbe egli osservato, che sotto la eccitazione del simpatico cervicale si contraggono le arterie della denudata pia madre, arterie che poi si dilatano enormemente, senza che la estirpazione del ganglio cervicale manifesti influenza sulle medesime.

La più comune interpretazione che si diede a questi fatti si è: che i muscoli dei vasi trovinsi in istato di tono per azione dei loro nervi; che paralizzati questi col taglio, e cessando il tono di reagire all'impulso cardiaco, cedano i vasi e si dilatino, arrossando per maggior copia di sangue capìto e determinando per aumentata ossidazione la temperatura della parte; che aumentando invece la intensità della contrazione vasale sotto la eccitazione dei nervi, il vaso si coarti, fino alla quasi totale estinzione del lume, per cui minor copia di sangue ammettendo impallidisca e si raffreddi la parte.

Se non che vorrebbesi da Budge, che l'azione costrittrice del simpatico sul lume dei vasi e sul calore, come quella dilatatrice dello stesso simpatico sull'iride dipenda dal midollo spinale, poichè esportando la metà laterale di quest'organo dalla 7.ª cervicale alla 3.ª vertebra dorsale, la temperatura dell'orecchio dello stesso lato aumenta di 5 gradi e si ottiene lo stesso effetto tagliando tutte le corrispondenti radici anteriori, mentre non lo si ottiene tagliando invece le posteriori.

Questa osservazione sarebbe stata confermata da Waller, che trovò al massimo attiva quella parte del midollo spinale che sta fra la 2.ª e la 3.ª vertebra cervicale.

Schiff avrebbe ottenute risultanze analoghe da altre sezioni del midollo spinale rispetto ad altre regioni del corpo. Egli afferma: che la distruzione del midollo spinale dalla 5.ª vertebra dorsale all'in basso, produce aumento di temperatura delle estremità inferiori; la distruzione unilaterale del midollo lombare, aumento di temperatura del corrispondente arto posteriore; la lesione unilaterale del midollo allungato, aumento di temperatura dal lato della lesione per la testa e per la parte estrema degli arti, dal lato sano invece pel dorso, per la coscia e pel braccio. Per completare ciò che spetta alla influenza vaso-motrice del midollo spinale e delle sue dipendenze, dobbiamo soggiungere come Pflüger osservasse lo stringimento delle arterie conseguente alla stimolazione delle radici spinali anteriori.

Fino a tanto che trattasi di un'azione vaso-motrice positiva per eccitazione o negativa per taglio delle radici e dei ganglii spinali

non si avrebbe ragione di rifiutare la dottrina della indipendenza del simpatico dal sistema spinale, poichè, partendo dalla supposizione che nei ganglii spinali si contengano fibre motrici del sistema simpatico, sarebbe abbastanza spiegata l'azione positiva per eventuale diffusione al ganglio di una eccitazione applicata alla radice anteriore, come potrebbe essere, tuttochè in minor grado, spiegata l'azione negativa per paralisi indotta nel ganglio dagli effetti trofici di una lesione tanto vicina e grave, quale quella del taglio della radice e del guasto che occorre per ottenerlo.

Quest'ultima considerazione non può essere rifiutata neanche pel caso di un'azione vaso-motrice negativa, per distruzione del midollo spinale, non potendosi ammettere che una tale distruzione e le lesioni che occorrono per raggiungerla abbiano a riuscire indifferenti sui corrispondenti ganglii spinali. Come però lo Schiff, oltrecchè avere confermata l'esperienza di Budge, sulla parte superiore del midollo spinale, avrebbe pur constatata la sua azione vaso-motrice positiva, per eccitazione di esso, così le osservate influenze del midollo spinale sulla contrazione e sulla paralisi dei vasi, quando specialmente venissero confermate ed estese, potrebbero influire a far prevalere l'opinione, che le fibre motrici del simpatico ritraggano origine ed impulso alla loro azione motrice da centri gangliari immedesimati colla centrale massa cinerea del sistema spinale.

La richiesta conferma ed estensione delle accennate influenze vaso-motrici del midollo spinale rendesi del resto tanto più necessaria, quantochè Bernard avrebbe ottenute risultanze termiche opposte a quelle di Budge e di Waller, nel raffreddamento che, secondo lui, conseguirebbe agli arti dello stesso lato in seguito alla recisione delle radici spinali anteriori ed anche delle posteriori.

Mentre attendiamo da indagini ulteriori la soluzione di questo importante problema, crediamo opportuno completare l'argomento sull'azione vaso-motrice dei nervi, menzionando i fatti che ci constano relativi all'azione medesima.

Schiff ha constatata l'azione vaso-motrice del trigemino sull'iride, sulla congiuntiva, sulle gengive inferiori, sul pavimento della bocca; quella dell'ipoglosso sulla lingua; dell'auricolare spinale sull'orecchio, ove agisce come il simpatico anche dopo l'estirpazione del ganglio cervical superiore, a prova, che le corrispondenti fibre non derivano al nervo dal ramo di comunicazione con questo ganglio. Trovò inoltre che il taglio dell'ischiatico di un lato o delle sue radici spinali induce aumento di temperatura della paralizzata estremità pelvica, come nel paralizzato arto toracico, in seguito al taglio del plesso brachiale, avviene aumento di temperatura non inferiore

a quello che ivi si determina colla lesione del ganglio cervicale inferiore o dorsal superiore del simpatico. Schiff, che pure ammette nel vago la presenza di fibre vaso-motrici ai polmoni, vorrebbe escludere da questo nervo e derivare intieramente dal simpatico le fibre vaso-motrici dello stomaco. Non avendo egli osservato alterazione della mucosa gastrica per sezione dei vaghi, ed avendone invece veduto il rammollimento parziale per lesione dei talami ottici, delle gambe del cervello, delle colonne spinali anteriori, conchiude che i nervi vaso-motori dello stomaco hanno la loro origine dai talami e decorrendo nelle gambe del cervello e nelle colonne anteriori entrano pel simpatico nello stomaco. Senza negare che una parte dei nervi vaso-motori del ventricolo possano avere quest'origine e questo decorso, siamo però anche convinti che fibre vaso-motrici di quest'organo si contengono nel vago, e deriviamo questa nostra convinzione dall' arrossamento della mucosa gastrica in seguito alla sezione bilaterale dei vaghi, non che dall'aumento di temperatura dell'ambiente gastrico per la stessa sezione, mentre l'asserita mancanza del rammollimento, il quale del resto non è effetto costante, per sè stesso e per il tempo in cui avviene, della paralisi vasale, potrebbe dipendere dalla circostanza, che ad una bilaterale sezione dei vaghi raramente gli animali sopravvivono abbastanza per dar luogo al rilievo di un sensibile rammollimento.

È però abbastanza evidente per sè, che l'azione vaso-motrice spiegata sull'uno o sull'altro organo dai diversi nervi spinali o cranici non può interessare il quesito della derivazione o meno dei nervi simpatici, e in questo caso speciale dei nervi vaso-motori, da centri immedesimati colla massa spinale, poichè l' azione dei nervi suddetti potrebbe devolersi a fibre di derivazione dai ganglii simpatici o dai ganglii spinali o cranici, considerati come centri di origine di fibre simpatiche. Non è che l' azione vaso-motrice positiva per eccitazione di centri spinali, e meglio ancora la negativa per loro distruzione, che può avere competenza, come vedemmo, in questo ordine di argomentazione.

Si è voluto che anche nei nervi gangliari vi sieno delle fibre moderatrici, come dalla maggioranza si ammettono nei nervi craniospinali e più precisamente nel pneumo-gastrico per ispiegarne la influenza moderatrice dei movimenti cardiaci. Ove acquistasse prevalenza la dottrina della immedesimazione dei centri gangliari nella massa spinale, non vi sarebbe a priori alcuna ragione di negarlo, come non si potrebbe ragionevolmente impugnare che potessero essere di natura simpatica le stesse fibre moderatrici del vago, stantechè con questa dottrina, tutti i nervi cranio-spinali potrebbero

fino dalla loro origine apparente e reale andare commisti a fibre simpatiche. Sgraziatamente però l'esperienza non si è ancora chiaramente pronunciata in favore della esistenza di fibre moderatrici nei nervi simpatici. Tuttochè Ludwig ed Hafter si fossero già persuasi che la eccitazione galvanica dei nervi splancnici, se non vale a determinare il moto vermicolare dell'intestino, non vale però nemmeno a farlo cessare, il Pflüger, partendo dal principio che il movimento intestinale, nella sua qualità di movimento ritmico, debba soggiacere come il cuore ad una influenza paralizzante, credette di avere trovato, che la eccitazione dei nervi splancnici o dei corrispondenti ganglii zittisca il moto vermicolare, che pur zittirebbe applicando gli elettrodi a qualche distanza fra loro sulle vertebre dorsali di un coniglio vivente, a cui siasi aperto l'addome. Senza direttamente impugnare il risultato dell'esperienza di Pflüger, la quale tuttochè mal riuscita allo stesso Funke, afferma però egli di aver veduta instituita col più brillante successo, senza, dico, impugnare direttamente il risultato dell'esperienza di Pflüger, debbo però confessare, che anche a me, come a Biffi, non riuscì nel coniglio di far zittire colla eccitazione dello splancnico il movimento vermicolare dell'intestino.

Malgrado il già detto intorno alla influenza negativa delle fibre simpatiche sui muscoli animali, dobbiamo aggiungere, come alcuni fenomeni conseguenti a paralisi del simpatico abbiano autorizzato il sospetto di una sua influenza positiva sui muscoli medesimi. Tagliando infatti il simpatico cervicale, oltre allo stringimento della pupilla si ha: retrazione del bulbo nell'orbita, avanzamento della membrana nictitante, cadenza della palpebra superiore, restringimento della rima palpebrale. Galvanizzando il moncone periferico del simpatico sopravvengono fenomeni opposti. Il nesso esistente fra questi effetti e la paralisi e la eccitazione del simpatico non venne fino ad ora plausibilmente chiarito. Bernard li considera come derivanti dalla dilatazione dei vasi, mentre Schiff afferma di ottenerli anche legando i vasi prima di tagliare il simpatico. Egli attribuisce l' avanzamento del bulbo per stimolazione di questo nervo all'azione dei due obliqui, poichè tagliandoli cessa d'aver luogo l'avanzamento; e paragona questa attività degli obliqui a quella dei muscoli organici, poichè cessando dall'eccitare il simpatico, specialmente se esso non sia stato tagliato, il bulbo non si restituisce che gradatamente alla sua posizione normale. Remak va più oltre, quantochè ai muscoli obliqui dell'occhio attribuisce un tono dipendente dal simpatico e considera i fenomeni che conseguono al taglio di questo nervo come l'espressione della sua paralisi,

quelli invece che conseguono alla sua eccitazione, come l'espressione di un crampo del medesimo, insorgenti l'una e l'altro insieme ad una paralisi e ad un crampo spinale.

Azione sensitiva del simpatico. — È certo che gli organi innervati del simpatico sono sensibili, ma non sappiamo con certezza, se le innervatrici fibre simpatiche abbiano la loro terminazione nei ganglii simpatici, ovvero se si estendano al sistema cerebro-spinale. Vorrebbesi pure accertata l'addolorabilità del simpatico dalle ricerche di Flourens, di Müller e Longet, i quali dimostrarono che si desta il dolore irritando i gangli simpatici, o i loro rami comunicanti coi nervi spinali, o le fibre simpatiche periferiche. Nella deficenza delle nostre cognizioni rispetto alla distinguibilità delle fibre simpatiche dalle cerebro-spinali, specialmente nel loro tratto periferico, non possiamo dare un valore alla terza maniera di dimostrazione e non possiamo dare che un valore relativo alle prime due maniere, stante la scarsa cognizione in cui siamo dei rapporti anatomici che passano fra i due sistemi simpatico e cerebro-spinale e il conseguente dubbio che l'addolorabilità dei ganglii e dei rami comunicanti, non sia mai per avventura un effetto intieramente dovuto alla presenza di fibre del secondo sistema. Come per la motilità, così per la sensibilità, la deduciamo subordinatamente dalla circostanza, che troviamo essere sensibili gli organi che riteniamo innervati prevalentemente dal simpatico. Le sensazioni che si destano da questi organi però differiscono in molti rapporti da quelle degli altri organi prevalentemente innervati dal sistema cerebro-spinale. Nei primi di questi organi non si ha nè sensazione tattile, nè il senso muscolare, comunque ne sia la derivazione. Non rileviamo il contatto o la temperatura degli alimenti e nemmeno ci accorgiamo dei movimenti peristaltici, tuttochè abnormemente energici. Quando cibi o bevande hanno una troppo bassa o troppo elevata temperatura noi ce ne accorgiamo per una certa non paragonabile sensazione, identica in amendue i casi e che assume il carattere di sensazione dolorosa quando le differenze termiche raggiungano un certo limite. Pare quindi che il senso generale ed il dolore sieno le sole sensazioni, che per mezzo delle fibre simpatiche sono portate alla percezione. Anche in queste sensazioni però v'è qualche cosa di diverso da quel che avviene nella cute, quantochè nella trasmissione simpatica non esiste proporzione tra la forza dello stimolo e la sensazione dolorosa, passando molte volte indolenti le più gravi alterazioni intestinali e suscitandosi altre volte i più atroci dolori da cause non avvertibili.

Con poco vantaggio si discusse ove avvenga la percezione della

sensazione destata nelle fibre simpatiche, dappoichè, come da recenti studii emerse quale assai probabile pel sistema cerebro-spinale la non limitazione del centro percettivo alla massa cerebrale e la sua estensione alla spinale, così dubitossi, che anche i ganglii simpatici potessero essere sede di percezione. Questo dubbio però viene ad essere infirmato dalla circostanza, che non esistono, o per lo meno non si poterono constatare pei ganglii simpatici, indipendentemente dal cervello e dal midollo spinale, i fenomeni che vedemmo presentati da quest' ultimo e che potrebbero essere interpretati quali fenomeni di percettibilità. Difatti, se nelle rane che vivono assai tempo dopo l'esportazione del cervello e del midollo spinale, lasciando intatto il midollo allungato, si applicano stimoli intensissimi agli organi prevalentemente innervati dal sistema simpatico, non si ottiene alcun segno di percezione. Potendosi però opporre a questa esperienza che sieno tolti all'animale i mezzi motorii di manifestare la percezione colla reazione, troviamo a questo proposito preferibile la dimostrazione di Volkmann, che taglia nella rana i nervi spinali di un arto pelvico al disopra della loro comunicazione col simpatico ed ottiene che l'arto non presenti la minima traccia di sensibilità, tuttochè riceva integralmente le fibre che gli derivano dai rami di comunicazione del simpatico coi nervi spinali.

Eliminato il dubbio che le fibre simpatiche possano determinare la percezione nei ganglii omonimi, dimandasi come avvenga che la eccitazione sensitiva destata nelle fibre simpatiche si trasformi in percezione? Volendo ammettere come dimostrato, che la eccitazione sensitiva periferica non si faccia, negli organi innervati dal simpatico, sulle fibre cerebro-spinali, e volendo eliminare la possibilità di una trasmissione trasversa della eccitazione dalle fibre simpatiche alle cerebro-spinali, non altra via rimane per ispiegare la percezione delle sensazioni simpatiche, se non quella di ammettere una comunicazione per cellule nervose delle fibre simpatiche colle cerebro-spinali, o nei ganglii simpatici, o nei ganglii spinali, o nella stessa massa cerebro-spinale, se si parte dal principio che esistano in essa i centri simpatici. In ogni modo e secondo ogni probabilità: non è ammissibile nel simpatico una facoltà percettiva propria, ed è invece supponibile, che le percezioni destate dagli organi innervati dal gran simpatico sieno determinate dal nesso anatomico di questo nervo cogli organi percettivi della sfera cerebro-spinale.

Azione trofica del simpatico. — Al simpatico si attribuisce pure una influenza sulla nutrizione delle parti a cui si distribuisce. Sono molti i fatti sperimentali che si producono per una generica dimostrazione della influenza trofica dei nervi. Si citano ad esempio:

le alterazioni del bulbo dell'occhio per lesione del 5.°; quelle dei polmoni per lesione del 10.°; gli effetti sulla secrezione per lesione dei nervi ghiandolari e così via. Quelli esempii d'influenza trofica, che sono apparentemente riferibili a nervi cranio-spinali, quali il 5.°, il 10.°, le radici spinali, ove si ammetta la insorgenza di fibre simpatiche dai relativi ganglii extra-cranici od extra-spinali, potrebbero anch'essi considerarsi come di spettanza del simpatico.

Qui non è luogo di discutere se e come un nervo possa agire troficamente sui tessuti. In ogni processo nutritivo vi devono essere almeno dei movimenti di adduzione, di sostituzione e di eduzione molecolare. Abbiamo già detto altre volte che teoricamente parlando nulla si può opporre alla possibilità che ciascuno di questi movimenti possa essere influenzato da un altro movimento, qual'è l'azione nervosa. Lo stesso movimento chimico della nutrizione, che è uno dei fattori del movimento di sostituzione, può essere influenzato dal movimento nervoso, come sembrane esempio la scarica che succede alla eccitazione di peculiari centri nervosi o di nervi che ne emanano nei pesci elettrici. Non esistendo però dei fatti abbastanza significativi sulla portata della influenza trofica dei nervi, così non la si può ammettere *a posteriori*, se non in quelle sue parti, nelle quali è opportunamente condizionata per la indagine sperimentale.

Spettano a queste parti le influenze indirette che i nervi possono avere sulla nutrizione, modificando l'irrorazione sanguigna dell'organismo o de' suoi organi, mediante la innervazione che essi esercitano sui muscoli del cuore o dei vasi, specialmente arteriosi. È quindi ancora l'azione vaso-motrice dei nervi quella che nello stato attuale della scienza può essere meglio applicata allo studio di una influenza trofica indiretta dei medesimi, essendo abbastanza evidente, che uno dei fattori capaci di modificare la nutrizione di un organo potrà essere la modalità della sua circolazione. Se non che, a complemento di questo enunciato, non dobbiamo considerare soltanto un eventuale rallentamento del circolo generale per indebolita azione del cuore, o del circolo parziale di un organo per paralisi de' suoi nervi vaso-motori, ma dobbiamo eziandio considerare le opposte condizioni di un acceleramento cioè della circolazione generale per aumentato impulso cardiaco, o della circolazione parziale di un organo per esaltata innervazione vasale del medesimo. È interessante a questo proposito l'osservazione fatta per la prima volta da Schiff, di una ritmica contrazione delle arterie auricolari del coniglio, contrazione che si ripete varie volte in un minuto secondo, che è indipendente affatto dall'impulso cardiaco e da qual-

siasi lesione od irritazione del simpatico. Schiff descrive questo fenomeno sotto la denominazione di *cuore arterioso accessorio* ed osserva, che irritando localmente le arterie, se erano dilatate, tosto si contraggono e rimangono contratte. Callenfels, che ha pur studiato questo fatto osserva, che le contrazioni come le successive dilatazioni si dirigono centrifugamente dai tronchi ai rami ed hanno una durata maggiore di quella indicata da Schiff, per cui minor numero di contrazioni avrebbero luogo in un minuto secondo. È importante il rapporto dimostrato da Callenfels fra lo stato dei vasi auricolari e la temperatura dell'orecchio, poichè a permanente stringimento la temperatura dell' orecchio supera l' esterna di qualche grado appena, mentre a variazioni periodiche tanto più si eleva, quanto è più lunga la dilatazione, e a lente alternanze si può rilevare e misurare l'aumento di temperatura ad ogni dilatazione.

Donders e Callenfels oppongono a Schiff, che questo ritmo arterioso non può essere considerato come un'azione cardiaca accessoria, perchè, secondo essi, la contrazione di un' arteria non è paragonabile alla contrazione cardiaca nell' azione che questa contrazione esercita sul movimento del sangue, essendochè la contrazione di un'arteria limita nella corrispondente provincia l'afflusso, che viene invece aumentato e facilitato dalla dilatazione.

Non può negarsi infatti che una contrazione, quale si osserva estendersi rapidamente e persistere dai tronchi ai rami di un' arteria, debba difficoltare l'afflusso ai medesimi ed alla corrispondente provincia vascolare, d'onde appunto l' abbassamento di temperatura osservato da Callenfels durante la contrazione. Non è meno impugnabile però, che lo stesso effetto avrebbe luogo anche pel cuore rispetto a' vasi arteriosi che ne emanano, se la sistole cardiaca avesse una durata maggiore della diastole arteriosa. La condizione per la quale il cuore mantiene ai vasi arteriosi una corrente invariabile e continua sta appunto nella rapidità colla quale si succedono le sue sistoli, per cui l'arteria riceve nuovo sangue, tostochè colla sua elasticità e contrattilità si è scaricata del sangue ricevuto nella sistole precedente. Se compiuto questo scarico il cuore continuasse in sistole, l'arteria entrerebbe in uno stato di relativa anemia, perchè continuando ad addossarsi alla contenuta massa sanguigna, la spingerebbe in avanti, senza essere sostituita da nuovo sangue cardiaco. Che se invece le sistoli cardiache, non variando anche di forza, aumentassero di numero, allora essendo lasciato minor tempo alla contrazione delle arterie e meno esaurendosi quindi la elasticità e contrattilità loro, più fortemente premono il sangue, determinando l'aumento di velocità della sua corrente; il quale aumento di ve-

locità, supposta invariabile la portata degli effluenti, potrebbe anche andare congiunto all' aumento della massa di sangue circolante, quando invece di trattarsi del cuore rispetto a tutto il sistema vasale, in cui naturalmente non può avvenire aumento di massa, si trattasse invece di una forza che agisce su di un vaso, richiamando al medesimo il sangue a detrimento dei vasi vicini. Ove infatti si immagini che uno dei due rami, in cui si divide un' arteria, sia invaso da avvicinate contrazioni peristaltiche (quali appunto sogliono avvenire in tubi contrattili per muscoli organici) l'effetto dovrà essere, che del sangue capìto nel tronco una parte maggiore è richiamata al vaso contrattile, nella cui provincia cresce la massa di sangue capìta (*iperemia statica*) con distensione dei vasi e conseguente arrossamento; e cresce pure la velocità della corrente e quindi più spesso in tempo dato si rinnova la massa capìta, dando luogo a quella che noi chiamiamo *iperemia dinamica*. Noi non conveniamo quindi con Donders e Callenfels di respingere cioè il concetto di Schiff, che considera il ritmo arterioso come paragonabile ad un' azione cardiaca accessoria, poichè sebbene nel caso di contrazioni lentamente progressive, estese e durature, quali appunto osservansi nell' orecchio del coniglio, possa avvenire pei vasi, ciò che in condizioni identiche avverrebbe anche pel cuore, che cioè tali contrazioni anzichè di una iperemia dinamica pel cuore e statico-dinamica pei vasi, dia luogo invece ad una relativa anemia, può però anche avvenire pei vasi ciò che avviene pel cuore, che alternandosi cioè rapidamente queste contrazioni, diano invece luogo ad una iperemia dinamica o ad un acceleramento della corrente, al quale, pei vasi, se non pel cuore, può anche aggiungersi l' iperemia statica o l' aumento della massa di sangue capìto nella considerata provincia vascolare. Di tali contrazioni ausiliarie abbiamo esempio nei cuori linfatici delle rane e se noi tentiamo di riprodurre l' azione in un sistema di tubi elastici percorsi da una corrente liquida, vediamo, che se la corrente cessa e il tubo si svuota al disotto di una compressione forte e continua, aumenta invece di velocità, se una debole sovrastante compressione rapidamente si avvicendi. Crediamo quindi autorizzata la credenza, che certe forme e ritmi di contrazioni arteriose *autonome* o indipendenti dalla reazione alla sistole cardiaca, possano dar luogo ad una iperemia statico-dinamica della corrispondente provincia vascolare.

Se noi ora consideriamo la nutrizione degli organismi animali in rapporto colla circolazione del sangue nei medesimi, vediamo avverarsi una legge stabilita da Vierordt, che la nutrizione è tanto più energica, quanto più è celere il circolo sanguigno, che si compie

pei mammiferi in un tempo medio eguale a quello in cui batte all'incirca 27 volte il loro cuore. Ne verrà, che quanto più nei limiti normali è frequente nell'unità di tempo il battito cardiaco, tanto più celere sarà la corrente sanguigna e tanto maggiore quindi il numero dei giri percorsi dal sangue nel suo passaggio pei diversi organi, e come è assai verosimile che negli stessi organi di mammiferi a svariatissima dimensione, passi, relativamente alla massa degli organi medesimi, la stessa massa di sangue, così ne verrà, che gli organi dei piccoli mammiferi, nei quali il processo nutritivo è sempre più energico, daranno passaggio nell'unità di tempo ad una massa di sangue relativamente maggiore di quello che nel medesimo tempo vi diano passaggio gli stessi organi di mammiferi più voluminosi (§ 37 II). Ove però con maggiore evidenza avverasi questo rapporto fra la velocità della circolazione e la energia della nutrizione, è nella considerazione comparativa delle diverse età dello stesso mammifero, poichè nel volgere della vita fetale e nei primi tempi dalla nascita, con pulsazioni di 300 a 150 al minuto, abbiamo, in questo medesimo tempo compìti da 10 a 5 circoli sanguigni, e passate quindi altrettante volte pei singoli organi le stesse relative masse sanguigne, che nell'adulto, con una media di 70 pulsazioni al minuto, non passano che due volte e mezza all'incirca. E qui nessuno vorrà dubitare, viste soltanto le necessità richieste dallo sviluppo organico e dall'aumento di massa, nonche la quantità e la qualità degli escreti, che la nutrizione infantile sia molto più attiva di quella dell'adulto (§ 32 I). Possiamo quindi affermare in termini generali che la energia della nutrizione si tiene in rapporto colla iperemia dinamica dell'organismo e dei singoli organi, quando per iperemia dinamica intendiamo il passaggio di una massa di sangue relativamente maggiore. Nella febbre vediamo avverarsi gli stessi rapporti, poichè alla maggiore frequenza del polso, e quindi all'accelerato circolo sanguigno e alla conseguente iperemia dinamica generale dell'organismo, vediamo concomitarsi la maggiore energia del processo nutritivo, rivelata principalmente dall'aumentata escrezione dell'urea e dell'acido carbonico, non che dalla elevazione della temperatura. Che se gli effetti della febbre, considerata quale un esaltamento della nutrizione, sono perniciosi all'organismo, anzichè benefici come nella esaltata nutrizione infantile, gli è perchè nello stato febbrile gli organi digestivi non corrispondono colla loro attività ai bisogni di una sufficiente e congrua adduzione all'organismo delle sostanze alimentari, motivo per cui l'organismo si nutre degli stessi suoi componenti, epperò deperisce. S'egli è vero però da una parte,

che la iperemia dinamica (in cui non avvi arrossamento perchè non vi ha aumento di massa sanguigna normalmente capìta dai vasi) si concomita ad un esaltamento della nutrizione generale, non è men vero dall'altra, che laddove specialmente l'esaltata nutrizione doveva assumere il carattere plastico di produzione istologica, quivi alla iperemia dinamica, già per sè stessa generale all' organismo, si aggiunge l'iperemia statica, la quale non può essere generale perchè rappresenta l'aumento della massa di sangue capìta in una data provincia del sistema vascolare, epperò dà luogo a dilatazione di vasi e a conseguente arrossamento. Attenendoci allo stesso esempio dell'infante, vediamo, che mentre l'attività nutritiva generale dell'organismo si tiene in rapporto colla iperemia dinamica del medesimo, vi ha nel rossore la espressione della iperemia statica in quelle parti di esso che trovansi in attualità di evoluzione, quali ad esempio, le cartilagini, che diventano invascolari nell' adulto. Di queste iperemie statiche, le quali possiamo dire fisiologiche, abbiamo innumerevoli esempii anche nell' adulto, senza che perdano il carattere di plasticità o di produttività istologica, che generalmente le concomita. Ne sono esempii: la iperemia catameniale all' epoca della maturazione ovarica e quella in genere di tutte le ghiandole, (lagrimali, salivali, gastriche, pancreatiche) con elevazione della loro temperatura al momento in cui si determina in esse un esaltamento della produzione istologica, manifestato dall' aumento e in molti casi anche dalla modificazione qualitativa del prodotto di secrezione. L' iperemia che si osserva nel callo delle ossa e nella guarigione delle soluzioni di continuità per prima o seconda intenzione, sono altri esempii (patologici se vogliamo) di statiche iperemie esprimenti la vigoria di un processo nutritivo a carattere plastico. E notisi che di un tale indirizzo plastico della nutrizione non abbiamo indizio in quei casi d'iperemia statica, nei quali, lungi dall'aversi l' iperemia dinamica o l'acceleramento del circolo, si ha invece l' anemia dinamica o il rallentamento del medesimo, come appunto si verifica nelle iperemie paralitiche (per sezione di nervi) o nelle iperemie erettili. Aumento sensibile di produttività non osservasi infatti nell' orecchio del coniglio a cui siasi reciso il simpatico cervicale o in un organo eretto. L'osservazione dimostra bensì che gli organi affetti da iperemia paralitica facilmente si esulcerano, il che indica piuttosto un pervertimento qualitativo della nutrizione normale dell' organo, anzichè un esaltamento quantitativo della medesima. Nè un tale esaltamento potrebbe essere dedotto dall' elevazione di temperatura che ha luogo nelle iperemie paralitiche, come nelle statico-dinamiche, devolendosi nelle prime questa

elevazione all'aumentata combustione pel maggior numero di molecole che si ossidano, senza che vi corrisponda un' adeguata produzione. È come nella febbre, in cui abbiamo l'aumento della ossidazione e la diminuzione, anzichè l'aumento della produzione. Se da una parte non troviamo nè naturalmente nè sperimentalmente un nesso fra l'iperemia paralitica e l'indirizzo plastico o produttivo della nutrizione, troviamo dall' altra, oltre a quanto dicemmo precedentemente, un nesso fra questo indirizzo produttivo e la iperemia statico-dinamica nella ghiandola sotto-mascellare. Quivi, la eccitazione della corda del timpano, che pare contenga fibre vaso-motrici della ghiandola, determina l' iperemia dinamica rilevabile dall' acceleramento dell' efflusso venoso, l' iperemia statica rilevabile dall' arrossamento, l' aumento di temperatura e di produzione o di secrezione salivare. È vero che eccitando alcuni rami simpatici che vanno alla ghiandola si determinano dei fenomeni opposti, quali la diminuzione e l'alterazione qualitativa del prodotto di secrezione e il rallentamento della corrente manifestato dal corrispondente rallentamento dell' efflusso venoso; nè si saprebbe interpretare, come dalla eccitazione di nervi simpatici, che sono in genere conduttori di fibre vaso-motrici, possano derivare questi effetti, se non ammettendo: che dalla loro eccitazione derivi una costrizione rallentante delle vene, ovvero che essi, meglio che lo splancnico rispetto ai nervi motori intestinali, si dimostrino moderatori dei nervi vaso-motori contenuti nella corda del timpano. Altra non trascurabile obbiezione alla nostra interpretazione sarebbe, come avvenga che dalla eccitazione dei nervi vaso-motori della corda derivi iperemia statica, mentre si ottiene invece elisione d' iperemia paralitica e costrizione dei vasi auricolari, eccitando il simpatico cervicale. Senza forzare la spiegazione di tutte le obbiezioni che si possono muovere ad una interpretazione fisiologica, ci sembra di poter desumere la differenza nel contegno dei due nervi dalla diversa forma di contrazione emergente dalla loro eccitazione. Potrebbe darsi, cioè, che fosse spastica la contrazione vasale destata colla eccitazione del simpatico cervicale e che fosse invece peristaltica quella dei vasi della ghiandola sotto-mascellare per eccitazione della corda, come avviene di osservare che sieno prevalentemente spastiche le contrazioni del ventricolo destate dal pneumogastrico, prevalentemente peristaltiche quelle destate nello stesso organo dai ganglii addominali.

Questo rapporto che noi ammettiamo fra la condizione sanguigna di un organo e la produttività del medesimo, non esclude ma limita il concetto di Virchow, tendente a riferire quest' ultima esclu-

sivamente all'attività cellulare. Partendo dal principio che nella essenza delle loro attività fisiologiche non intercedano differenze fra semplici e composti organismi, non possiamo escludere od ammettere pei primi ciò che ammettiamo od escludiamo pei secondi. La sostanza prima da cui gli organismi composti traggono il materiale per lo sviluppo della loro attività produttiva è la sostanza alimentare. Ora, egli è indubitabile il deperimento, o il languore produttivo di ogni organismo composto, a cui la sostanza alimentare faccia difetto; languore produttivo che dovrà pure avverarsi, come si avvera, per gli organismi semplici, quando manchi ai medesimi quell'alimento che esiste nei loro liquidi intercellulari e che a quelli di essi che compongono gli organismi più elevati sono tradotti dal sangue. Basti menzionare a questo proposito pei semplici organismi la cessazione o la modificazione dei processi fermentativi allo esaurirsi nella massa fermentante i materiali alimentari degli organismi che vi si svolgono; basti per le varie parti degli organismi superiori e composti, citare gli esempii delle atrofie fisiologiche accompagnate da evidente anemia statica e contrapporli alle pur statiche iperemie determinantisi ad ogni fisiologico esaltamento della produttività di un organo, quale ad esempio il ventricolo, gli organi genitali e così via. Non vuolsi negare con questo che lo scopo della produttività sia meglio raggiunto, se all'abbondanza dell'alimento corrisponda una tale eccellenza dell'organismo per cui, essendo facilitata l'assimilazione, sprema esso per così dire e si assimili dal proprio desco fin l'ultima goccia di umore alimentare; mentre in opposte condizioni di fiacca attività assimilatrice, il languore produttivo si determina e mantiene a malgrado del più lauto alimento. Abbiamo in allora nel primo caso quegli uomini, che, come i nostri potatori, sanno trar massa e forza muscolare dalla polenta che forma il loro unico pasto in tutto l'anno e che essi digeriscono ed assimilano con una attività portentosa; abbiamo invece nel secondo caso quegli altri esempii di carestia organica nella profusione di alimento, il quale, anzichè corrispondere alle esigenze della produzione, danneggia qual massa indigesta, o non, o male assimilata. Probabilmente questi esempii trovano per gli organismi semplici il loro riscontro nel fatto della riproduzione tipica dei tessuti normali sotto un'alimentazione sanguigna non eccessiva e in quello della riproduzione atipica (per es. del pus) a malgrado di una esuberante alimentazione flogistica.

Nè sarebbe forse ad escludersi, che a determinare il diverso indirizzo della nutrizione potessero concorrere anche dei nervi tro-

fici diretti e non soltanto indiretti per la via dei vasi, se ciò almeno ci è dato desumere dal più attendibile fatto che a questo proposito ci somministra la fisiologia, quello cioè di poter provocare la secrezione dalla ghiandola sotto-mascellare eccitando la corda del timpano anche in un animale recentemente decapitato.

Comunque sia di tali contingenze, egli è certo, che a circostanze pari, l'abbondanza dell'alimento favorisce e fors' anco determina la produzione, come oltre ai molti citati, ne abbiamo altro esempio nella sollecitudine delle api ad alimentare lo sviluppo della regina. Egli è certo d' altra parte che colla vividezza della nutrizione sta in rapporto la celerità della circolazione, come dalla giornaliera osservazione è accertato, che dove una vivida nutrizione assume di prevalenza un indirizzo plastico o produttivo, quivi si determina una iperemia statica. Da tali premesse e dalla circostanza che non osservasi un esaltamento della nutrizione plastica, laddove si tratti soltanto di una iperemia statica, come nella paralitica e in quella degli organi erettili, potrà inferirsi, che in ogni organo, nel quale si determini un aumento della produzione, come nella ghiandola sotto-mascellare, debba pure determinarsi una iperemia statico-dinamica, la cui derivazione può essere sempre spiegata, ammettendo le contrazioni autonome delle arterie sotto la influenza dei nervi vaso-motori. E la distribuzione plessiforme di questi ultimi sulle arterie e fra le tonache di esse, e la numerosa interposizione dei ganglii sul decorso delle loro fibre, e i rapporti di riflessione in cui quelle di esse che sono motrici si tengono in questi ganglii con quelle altre che sono di natura sensitiva od eccito-motrice, e la continuazione di queste ultime in fibre centripete cerebro-spinali, spiegano mirabilmente:

1.° Come avvenga che sotto la eccitazione di fibre puramente simpatiche, senza trasmissione ai loro prolungamenti cerebro-spinali e quindi senza percezione di sensazione, possa determinarsi riflessoriamente la iperemia statico-dinamica di un organo, come si verifica nella iperemia catameniale dell' ovajo e dell' utero, che insorge per eccitazione determinata dal germe, senza che una tale eccitazione sia stata percepita.

2.° Come avvenga che la condizione eccito-motrice invece di limitarsi ad una determinata provincia di ganglii periferici, per modo da derivarne la contrazione e i suoi effetti soltanto ad una corrispondente provincia vascolare, si estenda invece ad altre provincie nerveo-vascolari, verso le quali è forse, per peculiarità di organamento, minore la resistenza, quale avviene di vedere nella detta iperemia degli organi sessuali, che si concomita a quella delle

ghiandole mammarie, o nella iperemia dello stomaco digerente, che si riflette al duodeno, al pancreas, alla milza, alle ghiandole salivari.

3.° Come avvenga finalmente, che per trasmissione ai prolungamenti cerebro-spinali della condizione eccito-motrice delle fibre gangliari possa determinarsi la iperemia in seguito ad una eccitazione percepita, quale vediamo insorgere in seguito alla percepita azione di stimoli esterni ed interni.

La influenza trofica del simpatico è suscettibile di queste interpretazioni, quando la si consideri nella sua parte positiva, ovvero sia nell' esaltamento che s' induce del processo nutritivo, sotto la eccitazione del simpatico.

Ma la nutrizione delle parti è pur suscettibile di subire un' alterazione qualitativa nelle paralisi del simpatico, ed allora ammettendo pure i fatti sperimentali, dobbiamo, per insufficente cognizione di tutti i momenti causali del processo trofico, rinunciare alla loro scientifica interpretazione.

Possiamo enumerare questi fatti come segue:

1.° Che il taglio cervicale del simpatico provoca all' occhio delle alterazioni simili a quelle che s' inducono col taglio intracranico del 5.° pajo al di sotto del ganglio.

2.° Che estirpando alcuni ganglii del simpatico, toracici od addominali, si provocano dei trasudamenti inflammatorii nella pleura, nel pericardio, nel peritoneo.

3.° Che estirpando il plesso renale, Müller e Peipers osservarono l' ematuria, ed altri un semplice sconcerto della secrezione urinaria.

Axmann distingue pure nel simpatico un'azione vaso-motrice, che vedemmo poter riuscire ad un' azione trofica indiretta, dall'azione trofica (diretta) del medesimo. Egli stabilisce nei gangli spinali il centro d'origine delle fibre trofiche dirette e deriva invece dai ganglii simpatici le fibre vaso-motrici. Ecco le sperienze in appoggio di queste sue idee. Recide nelle rane le radici dei nervi di un arto al disopra del ganglio spinale e nessuna alterazione trofica avviene nell'arto, estirpando anche il midollo spinale, o il cervello, o amendue, mentre invece ha luogo infiammazione e rammollimento nella parte corrispondente del midollo spinale; alterazioni ripetibili, secondo Axmann, dalla distrutta influenza trofica delle fibre, che dalle cellule unipolari dei ganglii spinali, si dirigono al centro nervoso per presiedere quivi al trofismo di esso. Recidendo invece i nervi spinali al disotto dei ganglii, fra essi e i rami comunicanti col sistema gangliare, avviene l'idrope con acido urico nel liquido

idropico, ed alla sezione riscontrasi: pallore e stravasi nei muscoli, injezione e rammollimento della mucosa intestinale, rammollimento dei reni, stravaso nel fegato ed essudato sieroso nella cistifellea. Non avvenendo queste alterazioni sotto il taglio delle stesse radici al disopra del ganglio, nè potendosi ascrivere al simpatico propriamente detto per essere fatta la sezione al disopra dei rami comunicanti col medesimo, Axmann riconosce in questa esperienza la influenza che hanno i ganglii spinali come centri di fibre trofiche. Queste risultanze di Axmann sono in molta parte confermate da Pincus, il quale però non è tanto esclusivo, come il primo. Pincus infatti, estirpando il ganglio solare in conigli, cani e gatti, avrebbe osservato iperemia, stravasi, ulcerazioni della mucosa gastro-intestinale; alterazioni che non si sarebbero verificate producendo in questi animali la stessa lesione, senza estirpare il ganglio. Effetti identici indusse nella parte inferiore del tubo intestinale ledendo i ganglii circumaortici, mentre invece provocò alterazioni meno palesi tagliando i cordoni intergangliari senza ledere i plessi. Ne induce, che sebbene molte fibre trofiche derivino dai ganglii spinali, molte altre hanno la loro derivazione dai ganglii centrali e periferici del simpatico.

Osserviamo però che le alterazioni indotte colle indicate lesioni dei nervi non danno per sè stesse una conferma sperimentale alla esistenza di fibre trofiche dirette, quanto chè la iperemia, lo stravaso, e la stessa ulcerazione potrebbero derivare da paralisi vascolare e potrebbero essere quindi l'effetto della lesione di nervi vasomotori.

Considerando sotto quest'ultimo punto di vista la influenza trofica del simpatico, potrebbesi convenire nel derivare una tale influenza dal centro cerebro-spinale, quando si ammettesse la presenza in esso di centri simpatici. Le sperienze di Pflüger e di Schiff sulle iperemie paralitiche conseguenti alle lesioni del centro cerebro-spinale e dei ganglii spinali, potrebbero essere interpretate appunto nel senso, che siano lesi in questi casi le fonti della innervazione vaso-motrice. Considerandola però invece come una eventuale influenza trofica diretta, pare che sia indipendente dal centro cerebro-spinale, poichè sebbene si avverassero alterazioni trofiche di varia natura, pure si potè ottenere nelle rane una sopravvivenza di varii mesi alla distruzione di questo centro.

Rinunciando del resto alla vana opera di ulteriormente discutere intorno alle numerose opinioni professate sulla influenza trofica del sistema gangliare, ed augurandoci che nuove esperienze depurino e rischiarino questo complicato e tenebroso argomento, crediamo

completare la fisiologia del simpatico, riassumendo le incomplete cognizioni che si hanno sui rapporti in cui la sua azione si tiene con quella del cuore.

Ricordiamo l'ipotesi che questo muscolo abbia un centro autonomo, la cui azione motrice sia suscettibile di essere moderata ed anche interrotta (ritmo) dal midollo allungato per la via del vago. Ricordiamo il fatto che il cuore riceve diramazioni dalla porzione cervicale del simpatico. Ora, di questi rami non è ancora accertata l'azione, poichè mentre Weber e Ludwig vorrebbero che non avesse influenza sui movimenti del cuore, altri come Wagner, la vorrebbero rallentante, altri invece (e in maggioranza) accelerante e tale anzi da richiamare i già cessati movimenti cardiaci (Burdach). E quasi non bastassero queste incertezze e contraddizioni, disputossi ancora se questa qualunque influenza derivasse primitivamente dai ganglii simpatici, od avesse una più remota provenienza dal midollo spinale e dal cervello. Considerando la posizione creata da questi problemi, troviamo che quanto è certa l'azione cerebrale e spinale sul cuore (come lo dimostrano l'influenza psichica e l' alterata frequenza del polso nelle malattie cerebro-spinali) altrettanto dev'essere problematica un'azione delle diramazioni simpatiche, se tale azione fu negata da osservatori diligentissimi come Ludwig, od ammessa d'indole opposta da altri. Mentre adunque da una parte è accertata l'influenza cerebro-spinale sul cuore, potrebbesi dubitare della via per cui questa influenza si esercita, se cioè per la via delle diramazioni cardiache del simpatico, ovvero per quella dei vaghi, essendochè un' eventuale acceleramento dei moti cardiaci potrebbe tanto derivare da eccitazione dei rami simpatici (secondo la maggioranza degli osservatori) quanto potrebbe derivare da diminuita attività dei pneumo-gastrici. Wagner vorrebbe che in animali spaventati i movimenti del cuore non si accelerino a vaghi recisi, si accelerino invece a recisi rami simpatici, per cui ne conchiude che i vaghi siano i trasmissori al cuore di questa maniera d'influenza cerebrale, col che però è lungi ancora dall'essere dimostrata l'assoluta esclusione del simpatico da una tale trasmissione.

Al fatto fisiologico stabilito da Budge, che l'iride si paralizza togliendo le comunicazioni fra il simpatico e il midollo spinale e si tetanizza invece galvanizzando il midollo spinale fra la 6.ª vertebra cervicale e la 3.ª dorsale, lo stesso Budge e Waller tentarono aggiungere un'altra prova in conferma dell'assunto da essi propugnato, che centri simpatici trovinsi in grembo alla massa cerebro-spinale. Partiti dal principio che le fibre nervose separate dai loro centri normali di eccitazione, degenerano, recisero i rami di comunicazione fra i nervi spinali e il cordone centrale del sim-

patico e vorrebbero aver riscontrata la degenerazione di tutte le fibre (!) che vanno all'iride dal midollo spinale pei rami comunicanti. D'altra parte però il Küttner, tagliando nella rana i rami comunicanti del 7.°, 8.° e 9.° nervo spinale, avrebbe trovate incolumi tutte le fibre comunicanti col ganglio, degenerate invece tutte le altre separate da esso, tuttochè continuantisi nel midollo spinale. La stretta deduzione che si dovrebbe trarre da queste risultanze si è: che tanto nella massa gangliare cerebro-spinale, quanto in quella dei ganglii periferici esistono centri eccitatori di fibre simpatiche, i quali però non verrebbero esclusi dalla massa cerebro-spinale anche ammettendo che sieno rappresentati da ganglii periferici.

Comunque sia del resto di questi centri simpatici, la sensibilità dei corrispondenti nervi dimostra, che v'ha comunicazione coi centri percettivi, i quali alla lor volta reagiscono sui centri simpatici, eccitandone l'attività motrice, quale osservasi, ad esempio, negli effetti sessuali del senso venereo, nella contrazione dei muscoli cutanei, d'onde la pelle d'oca e il drizzarsi dei capegli pel terrore e così via.

Le sensazioni derivanti da organi prevalentemente innervati dal gran simpatico possono riflettersi sovra fibre motrici cerebro-spinali, come lo dimostrerebbe il vomito. E alla lor volta potrebbero riflettersi sovra organi contrattili per innervazione simpatica, sensazioni originariamente spinali, come nella contrazione delle vescicole spermatiche e meglio ancora nella contrazione dell' utero per poppamento, quale fu ottenuta da Scanzoni, che la propose anzi qual mezzo di determinare il parto precoce artificiale. Nel diffondersi della contrazione gastro-intestinale per eccitazione della rispettiva mucosa, contrazione che si può anche ottenere dai visceri esportati, abbiamo un esempio di riflessione puramente simpatica. A proposito di queste maniere diverse di riflessione veggasi anche il § 7 III.

CAPITOLO QUARTO.

DELLE SENSAZIONI

---

§ 28. *Sensazione in generale.*

Tutti i nervi sensitivi sono suscettibili di un movimento nervoso, capace alla sua volta di destare nei loro centri di origine un movimento di sensazione. Riferendoci a quanto abbiamo scritto al § 11 III, sulla differenza fra sensazione e percezione, comprendiamo di leggieri, che limitando la sensazione al movimento destato nei loro centri di origine da un dato ordine di fibre, che diciamo sensitive, potrebbero queste fibre ammettersi anche ed identificarsi nel sistema gangliare colle eccito-motrici, come sono ammissibili e con queste identificabili nel sistema cerebro-spinale. Se non che il movimento di sensazione destato nei loro centri di origine ha per sola manifestazione obbiettiva il movimento riflesso, non diventando sensazione percepita se non quando sia avvenuta la trasmissione al centro di percezione. Questa distinzione fra i due centri di sensazione e percezione sembra vestire il carattere di una superflua complicazione, specialmente se si ponga mente alla natura negativa dei segni di sensazione non percepita ed al significato del vocabolo sensazione, che inchiude il concetto del sentire e quindi del percepire. Ove però si consideri che un centro di percezione, dal cui eccitamento soltanto possono emanare le azioni volitive, riceve dai diversi nervi sensitivi, trasformati i loro identici movimenti, in ispeciali sensazioni acustiche, tattili, ecc.; ove si consideri pure, che questa trasformazione del movimento nervoso non può avvenire che in centri nervosi, riscontrabili per ogni sistema di fibre sensitive e dai quali possono anche svolgersi azioni riflesse indipendentemente dalla eccitazione del centro di percezione; ove questo si consideri, dobbiamo ritenere, che il movimento proprio ad un dato ordine di fibre nervose, che potrebbero essere contemporaneamente sensitive ed eccito-motrici, si modifica in centri speciali, assumendo quivi la forma di movimento proprio di una data sensazione, sotto la quale soltanto avviene la trasmissione al centro di percezione.

Il nostro concetto è, se pur ci è lecita l'espressione, discentrativo e coincidente colla legge della divisione del lavoro organologico. La facoltà di percepire, che deve preferibilmente circoscriversi ad un centro unico, specialmente se si consideri la possibilità delle percezioni contemporanee e la celerità delle reazioni alle medesime, avrebbe richiesto una complicazione organologica e virtuale, dissona dalla legge della divisione del lavoro, se nel centro di percezione avesse pur dovuto avvenire la trasformazione di un movimento sempre identico delle fibre sensitive, nelle svariate forme del movimento di sensazione. Questa trasformazione avviene invece nei centri di sensazione, dai quali può tanto riflettersi a fibre motrici, quanto diffondersi al centro percettivo. Quest'ultimo centro adunque dà la facoltà di percepire il movimento di una fibra sensitiva dell'ottico, identico a quello di qualsiasi altra fibra sensitiva, in quella forma speciale di movimento luminoso, in cui venne trasformato in un centro di sensazione, dal quale può anche aver luogo l'azione riflessa, indipendentemente se vuolsi dalla percezione, come avviene ad esempio nella costrizione dell'iride per eccitazione delle eminenze quadrigemelle. La sensazione considerata in relazione a questo punto, escludendo quindi ogni elemento subiettivo, implicherebbe soltanto una peculiare trasformazione del movimento nervoso, altrettanto obbiettiva, quanto può esserlo quest'ultimo. Che se il vocabolo sensazione, siccome quello che esprime il sentire, esclude per sè stesso la mancanza dell'elemento subiettivo, allora la sensazione e la percezione si identificano e non altro resta che altrimenti chiamare quel processo, per cui il movimento di eccitazione di un nervo si trasforma in modo, da dar luogo nella sua ulteriore trasmissione ad una peculiare sensazione o percezione. Dubitosi di attentare alla invalsa nomenclatura, accettiamo, condizionatamente al predetto, di identificare la sensazione alla percezione, insistendo però sulla necessità di ammettere, che il movimento di eccitazione delle fibre centripete si modifichi in centri, che potremmo chiamare *sensiferi*, perchè da essi, trasmetterebbero fibre speciali ai centri senzienti o percettivi, la eccitazione trasformata in modo da venirvi peculiarmente sentita o percepita.

I nervi sensitivi eccitati, trasmettono ai centri sensiferi e percettivi un movimento, che quivi si trasforma in movimento di sensazione e di percezione. Il movimento di eccitazione dei nervi sensitivi dovrà essere quindi alla sua volta la derivazione di un altro movimento, stimolante o eccitante.

I nervi sensitivi sono in genere eccitati da qualunque movimento estrinseco od intrinseco all'organismo, purchè però questo movi-

mento abbia forza sufficiente per trasformarsi nel movimento del nervo, e non ispegnersi invece nella resistenza delle sue molecole.

Il movimento luminoso, per esempio, non eccita, per quanto ne sappiamo, i nervi tattili, acustici o gusto-olfattorii, mentre invece i movimenti meccanici od elettrici possono tanto eccitare questi nervi, quanto i nervi ottici, destando sensazioni corrispondenti e quindi varie, malgrado la unicità dello stimolo. Nel primo caso il movimento eccitante si è esaurito per la sua intensità deficente rispetto alla costituzione della resistenza; nel secondo caso l'ha vinta ed hà destato il movimento di eccitazione, che trasmesso ai centri sensiferi e percettivi si è quivi trasformato in sensazioni corrispondenti alla peculiarità dei movimenti destati in questi centri dal movimento proprio ai diversi nervi eccitati. Gli è di tal guisa che la percossa sull'occhio, la recisione dell'ottico, l'applicazione al medesimo ed allo stesso occhio di una corrente elettrica, determina la sensazione luminosa; che la vibrazione aerea desta la sensazione acustica ed anche la tattile se più intensa; che questa stessa e l'acustica e l'olfattoria e la gustativa possono essere destate dal movimento elettrico. In ogni caso la sensazione, qualunque sia lo stimolo, corrisponde al nervo eccitato, perchè il nervo eccitato desta nei centri senso-percettivi un movimento peculiare al medesimo e diverso da quello che vi determina ciascun altro nervo sensitivo.

Come però ogni attività molecolare può ridursi al movimento meccanico, così non avendo ragione di escluderne il movimento senso-percettivo, dobbiamo inferirne, che alle diverse modalità di questo movimento tengono le varietà delle percezioni. Questo enunciato formula un principio generale di causalità dei movimenti nervosi e cosmici, il quale, tuttochè da progredita conoscenza delle attività molecolari attenda dettagliate dimostrazioni, ha pur sempre però nell'attuale, anche insufficiente conoscenza che abbiamo delle medesime, fondamento più sodo, che ogni altro principio, il quale, sottraendosi ad ogni giurisdizione fisiologica, tenda a stabilire dei rapporti, che non saranno mai arrivabili, fra il materiale e il non materiale.

Ritornando agli stimoli, se sta in genere, che essi, a conveniente intensità possono eccitare ogni nervo sensitivo e destarne la sensazione, stà pure che tale intensità variamente si modifica a norma del punto che si eccita, o delle condizioni in cui trovasi il nervo eccitato. Lo stimolo luminoso non è abbastanza intenso per eccitare sul suo decorso il nervo ottico, che è invece eccitato dallo stimolo meccanico od elettrico, e che può esserlo dal luminoso, ogni volta che esso agisca sull'apparato retinico. Stimoli meccanici egualmente

intensi determinano la sensazione tattile se agiscono sulla estremità periferica dei nervi, traverso gli apparati epidermico od epitelico; destano invece sensazioni speciali (formicolio o dolore) se agiscono sul decorso di questi medesimi nervi o sulle loro terminazioni denudate di detti apparati.

Alla terminazione dei nervi sensitivi esistono quindi speciali apparati organici, i quali, se agiscono modificando altrimenti il movimento eccitante, agiscono però anche certamente modificandone la intensità, vuoi aumentandola, come lo dimostra l'apparato terminale del nervo acustico, non eccitabile da stimoli acustici sul suo decorso; vuoi diminuendola, come gli apparati epidermo-epitelici dei nervi tattili.

Questi apparati organici, che essendo interposti fra lo stimolo e il nervo sensitivo determinano la eccitazione normale di quest'ultimo, regolandola nel tempo e nello spazio, formano gli *organi dei sensi.*

Questi organi sono così opportunamente condizionati, da determinare la sensazione, modificando lo stimolo, per cui dovrà dirsi *adequato* a quel nervo ogni esterno movimento, per la cui trasformazione in istimolo del medesimo nervo, esiste alla sua periferia un terminale apparato organico; *inadequato* quell'altro, che è refrattario all'azione di quest'ultimo. Il movimento luminoso che non eccita per sè stesso il nervo ottico, diventa stimolo adequato del medesimo se agisce su di esso attraverso l'apparato visivo, come le ondulazioni aeree, che per sè stesse non eccitano il nervo acustico, diventano stimoli adequati di questo nervo se agiscono attraverso il corrispondente apparato; mentre invece il movimento elettrico, tuttochè valga a stimolare direttamente i nervi ottici ed acustici, determinando sensazioni corrispondenti, è stimolo inadequato, perchè su di esso non agisce sensibilmente l'organo del senso, onde impartirgli la natura stimolante.

Il movimento senso-percettivo destato negli apparati centrali dei nervi sensitivi non è sempre identico, ma vario, d'onde la varietà della percezione. Non si ha la sola percezione di luce o di suono, ma si hanno le svariate percezioni di colori e di toni. Per questi ultimi è indubitabile, che la causa prima della loro percezione stà nella modalità del movimento di ondulazione esterna che determina la sensazione acustica; è lecito quindi inferire, che anche la causa prima della percezione dei colori stia nella modalità del movimento d'ondulazione luminosa. Le fibre dei nervi ottico ed acustico sono egualmente eccitabili da tutte queste modalità di movimento d'ondulazione, ma a norma di ciascuna, determinano corrispondenti

modalità di movimento nell'apparato di percezione. Dunque i movimenti che si destano in questo apparato sono una immediata conseguenza della qualità del movimento esterno e della conseguente modalità del movimento di eccitazione del nervo corrispondente.

Un'ulteriore valutazione fisiologica della sensazione, una più avanzata determinazione dei rapporti che passano fra essa e il movimento esterno che la determina, non è attuabile specialmente per la sua subjettività, che la differenzia dall'objettiva contrazione muscolare conseguente alla eccitazione dei nervi motori.

Tale differenza fa sì, che mentre per questi ultimi può essere stabilito un rapporto fra la intensità di eccitazione e il determinabile grado di contrazione, pei nervi sensitivi invece non solo questo rapporto non può essere direttamente stabilito, ma nemmeno può essere direttamente indicata con valori assoluti la intensità della sensazione. Noi possiamo determinare approssimativamente la intensità relativa di due identiche sensazioni attuali, possiamo dedurne approssimativamente il valore, anche assoluto, dello stimolo, ma non possiamo indicare il valore delle sensazioni e dire che alcune destate da uno stimolo di giudicato valore sono del doppio o del triplo più o meno intense delle altre, destate da uno stimolo giudicato due o tre volte più o meno intenso del precedente. Coll'educazione del senso tattile e coll'aiuto del senso muscolare, possiamo indicare approssimativamente il valore assoluto di un peso, possiamo dire che questo è all'incirca doppio di un altro, ma queste cognizioni non possiamo desumerle dalla intensità della sensazione, la quale non presenta lo stesso rapporto di uno a due, come lo presentano i pesi che la determinano. E dato anche le deducessimo dalla intensità della sensazione, potremmo venire ad una tale deduzione per quelle sensazioni che sono destate da stimoli misurabili, come il meccanico e il luminoso, non per quelle altre che derivano da stimoli, i quali, come l' olfattorio e il gustatorio, si mantengono fino ad ora refrattarii alla misurazione. Tuttochè però fra stimolo e sensazione non si possa stabilire un rapporto di proporzionalità, è lecito affermare senza dubitazione, che in base alla legge della indestruttibilità della forza e della equivalenza di sua trasformazione, la intensità della sensazione deve crescere o diminuire colla intensità dello stimolo. Essendo infatti la sensazione un lavoro fisiologico, corrisponde ad uno sviluppo di forza viva, la quale non potendo originarsi, deve essere la trasformazione del movimento o forza eccitante, deve equivalere ad essa, crescere quindi o diminuire con essa, salva la quantità di forza eccitante che si applica a superare la resistenza o a subire delle trasformazioni concomitanti il processo di sensazione, ma estranee alla medesima.

Fra la intensità dello stimolo e della sensazione esiste quindi un rapporto funzionale, di cui Fechner ha tentato determinare la natura, misurando anche di tal guisa indirettamente la intensità della sensazione. Il metodo di determinazione immaginato da Fechner è basato sulla legge di Weber: che per ottenere un sensibile aumento d'intensità della sensazione si esige a forti stimoli, e quindi a forti sensazioni, un aumento d'intensità dello stimolo, maggiore, che non a deboli stimoli e quindi a deboli sensazioni. Un grave di 30 oncie sulla cute desta una sensazione di peso a data intensità, non distinguibile da quella che sulla stessa cute desterebbe un riapplicatovi peso di 30 oncie e mezza; per risentire la differenza bisogna portare il peso a 31 oncie e crescerlo quindi di un' oncia. Mettendo invece sulla cute un grave di 30 libbre, non verrebbe avvertito l'aumento di un'oncia, come nel caso precedente, ma soltanto l'aumento di una libbra, il quale però, rispetto a 30 libbre, rappresenta lo stesso aumento relativo, che rappresenta un'oncia rispetto a trenta. Di qui la legge di Weber, che ad egual grado di sensibilità e in condizioni genericamente eguali si esigono: per la insorgenza di eguali aumenti di sensazione, relativamente eguali aumenti di stimolazione. Per misurare su questo principio la intensità della sensazione, Fechner prende come unità di misura gli aumenti di stimolo che occorrono per determinare degli appena sensibili aumenti di sensazione, desumendo l'intensità sua dal numero di questi aumenti. Per risparmiare poi la enumerazione degli elementari aumenti componenti uno stimolo, a cui corrispondono eguali aumenti di sensazione, Fechner erige col calcolo infinitesimale una funzione matematica fra lo stimolo e la sensazione, costruendo quindi sulla sensazione ascissa una curva, che esprime l'andamento del variabile aumento di stimolo per il progressivo costante aumento di sensazione.

La essenziale differenza che passa fra questa misurazione psicologica e la fisica sta in ciò: che in quest'ultima le unità di misura, quale ad esempio il metro, sono assolutamente eguali, mentre invece nella seconda non sono eguali che relativamente.

Benchè questo metodo abbia trovato una felice applicazione pratica, dobbiamo dire che essa è difficile e limitata. Difficile perchè il grado della sensazione non dipende soltanto dalla forza dello stimolo, ma da altre e molte circostanze, fra cui il diverso grado di sensibilità, il quale alla sua volta può tenere al diverso grado di eccitabilità dell'organo di sensazione o del centro di percezione, alla diversa attività dei conduttori nervosi, alla varia estensione e quindi al diverso numero delle fibre nervose eccitate e perfino a

varietà accessorie dello stimolo, per cui uno stesso grave ci sembra variamente pesante a norma della estensione che prende o della temperatura che ha. A questo inconveniente si può in parte ovviare, misurando la sensibilità e giudicandola eguale, quando due stimoli eguali che agiscono in eguali condizioni destano due sensazioni che ci sembrano eguali. Diremo in allora che il grado di sensibilità è in ragione inversa proporzionale al grado degli stimoli che produssero egual grado di sensazione. Anche questo correttivo però ha i suoi errori, i suoi limiti, le sue difficoltà, specialmente quando trattisi di determinare l'eguaglianza della sensibilità con ricerche, le quali non essendo sensibilmente contemporanee, tolgono la possibilità di attendibilmente paragonare i gradi di sensazione spettanti a stimoli eguali. È poi limitata l'applicazione pratica del metodo indicato, pel motivo, che non lo si può impiegare in tutti quei casi, nei quali non è determinabile la grandezza dello stimolo (quindi per le sensazioni gusto-olfattorie) ed anche per l'altro motivo, che non è in ogni caso applicabile la legge di Weber.

La sensazione considerata in sè stessa è un processo puramente subjettivo, che fallirebbe allo scopo se mancasse la facoltà di objettivarla o di riferirla all'esterno. Il raggio luminoso che colpisce la retina, l'onda sonora che fa oscillare le terminazioni del nervo acustico, il corpo che tocca la cute, eccitano i nervi rispettivi, che alla lor volta trasmettono la eccitazione ad un centro senso-percettivo, il quale, da questa eccitazione nulla avrebbe appreso, se mancasse la facoltà di esternarla e di riferirla all'eccitante causa luminosa, acustica o tattile. Questa facoltà non è congenita, ma si acquista coll'esperienza.

Il neonato non ha idea di una differenza fra la sensazione subjettiva e le cause objettive che la determinano. E come all'objettivamento delle sensazioni è vincolata la loro azione fisiologica, di destare cioè le reazioni volontarie alle sensazioni medesime, così ne deriva, che coll' educarsi della facoltà objettivante insorgono pure i movimenti volontarii a surrogare quelli, che in origine non sono che movimenti riflessi. Il neonato strilla e si dibatte titillando la sua cute, l'adulto ricorre con un movimento volontario al punto titillato per allontanarne la causa.

L'acquisto della facoltà di objettivare la sensazione non è nè facile nè breve. È soltanto dopo lunga esperienza, che arriviamo ad una tale identificazione dei due processi, da sfuggirci la loro duplicità e da giungere anzi all'opposta credenza, che sia fuori di noi anche la sensazione subjettiva, per cui riferiamo all'eccitante esterno la qualità di quest'ultima, come avviene dei colori, che noi a mala

pena possiamo comprendere come non esistano fuori di noi. A noi non pare infatti di vedere perchè dai corpi esterni cadono raggi sulla nostra retina, sibbene perchè i nostri occhi vanno in certa guisa tasteggiando visivamente i corpi esterni. Questo eccesso di objettivamento non è nocivo, anzi utile all'azione fisiologica della sensazione, poichè ci risparmia quanto l'avrebbe incagliata, l'operazione, cioè, di orientare l'objettivamento di ogni sensazione subjettiva.

È però ad osservarsi che il grado di objettivamento non è eguale per tutte le sensazioni; alcune di esse sono al massimo objettivabili, come le visive e le acustiche; altre lo sono meno, come il senso di pressione, che tanto riferiamo alla cute pressa, quanto all'oggetto premente; altre lo sono al minimo, come le termiche, le olfattorie e le gustatorie, nelle quali risentiamo un peculiare condizionamento del nostro organismo, tuttochè lo riferiamo alla causa che lo indusse; altre finalmente, formanti un gruppo speciale col senso di dolore, non lo sono affatto, benchè possano derivare da eccitanti esterni. Se siamo toccati da un corpo caldo, riferiamo la sensazione di calore alla cute toccata e al corpo toccante; se lo siamo invece da un corpo che ci scotta, riferiamo il dolore esclusivamente alla cute scottata.

Oltre alla sensazione, abbiamo la facoltà di objettivare i rapporti di spazio degli oggetti che la destarono, per modo, che non solo esterniamo la sensazione visiva, acustica, tattile, ma riferendola nei rapporti di spazio degli oggetti corrispondenti, ne rileviamo la direzione in cui agirono, la grandezza, la forma, l'ubicazione, la lontananza. Anche questa proprietà non è congenita, ma si acquista coll'esperienza, e lo prova il neonato, che non avendo ancora acquistato la cognizione della lontananza, tende le mani alla presa degli oggetti più lontani. Anch'essa poi, come quella del semplice objettivamento della sensazione, procede tant'oltre da identificarsi a quest'ultima, come questa si identifica all'elemento subjettivo della sensazione, d'onde riferimenti fallaci di spazio, quali avvengono di vedere nell'amputato, che tutt'a prima riferisce al moncone esportato la sensazione che si desta eccitando i nervi sensitivi del moncone rimasto.

Il movimento senso-percettivo è alla sua volta eccitatore del movimento volitivo ed intellettivo. La sensazione è il mezzo per cui l'organismo sente sè stesso e comunicando coi corpi dello spazio, ne rileva i fenomeni e si circoscrive nel medesimo. Tutto ciò che di intellettivo e di volontario compiesi in noi, è una più o meno diretta emanazione della sensazione attuale o richiamata, una più o meno diretta reazione alle impressioni sensorie, che

il pensiero elabora e connette. Ove alcun senso si spenga, allora, malgrado la reminiscenza delle corrispondenti sensazioni, si limita il campo delle relative azioni intellettive ed ove abbiavi innata mancanza di molti sensi, languono intelligenza e volontà, che nessuna forza educativa può destare dal loro letargo. — *Nihil est in intellectu quod non ante fuerit in sensu* —.

Gli è per ciò che a norma del loro valore psicologico i sensi furono divisi in *superiori* ed *inferiori*, ascrivendosi ai primi quelli che sono base di attività psichica, di recezione esterna, di rappresentazioni sintetiche e di astratto pensare (vista, udito e tatto; quest'ultimo principalmente pel cieco nato); ai secondi gli altri, che sono meno in relazione coll'attività psicologica di quello che colla percezione dello stato del nostro corpo, che sono meno objettivabili, meno atti a procurarci la comprensione esterna, e che possono mancare con minor danno della intelligenza (gusto ed olfatto).

Elementi essenziali di ogni sensazione sono il tempo e lo spazio. Non foss'altro che per la sua durata e la sua estensione, ogni sensazione generale o specifica include questi due elementi.

Al concetto dello spazio e del tempo non abbisognano sensi o fibre sensitive speciali, ma peculiari disposizioni dell' apparato sensorio, onde le sensazioni vengano objettivate ne' loro giusti rapporti di spazio e di tempo.

Disposizioni relative ad un retto objettivamento dei rapporti di spazio rilevansi in quelli organi, dai quali, come dalla cute e dagli occhi, doveva emanare la conoscenza della forma e dei rapporti di posizione degli oggetti. Di qui una disposizione a superficie senziente, che corrispondesse ad una superficie eccitante; unico modo di ottenere che ogni punto di quest' ultima avesse il suo riscontro in ogni punto della prima. Ciò però non avrebbe ancora bastato per un giusto rilievo dei rapporti di spazio, essendochè i punti eccitanti non si riproducono sempre sulla superficie sensitiva nelle loro assolute ubicazioni. Se una tale riproduzione si ottiene per la cute, non certo la si ottiene per l' occhio, la cui superficie eccitata, o la cui immagine retinica è più piccola ed arrovesciata rispetto alla superficie eccitante. Di qui, oltre alla mentovata opportunità di condizionamento organico, il bisogno di una tale attività, per la quale, ad ogni determinata posizione dell'organo sensitivo, un punto di esso riferito allo stimolo corrispondesse per l'*io* ad un punto determinato dello spazio.

A questa condizione soltanto riusciva indifferente la posizione assoluta e la grandezza della superficie senziente rispetto alla eccitante.

Anche il senso muscolare o l'intuizione dei movimenti che dobbiamo fare per riconoscere un corpo, coadiuva la determinazione dei rapporti di spazio, in quantochè, usi i sensi a riferire ad un solo mondo esterno le sensazioni, edotti che lo stesso oggetto può colpire varii sensi, ci educhiamo a convincerci, che le intuizioni di spazio determinate dallo stesso oggetto devono realmente essere identiche. Epperò giudichiamo di data lunghezza un corpo, ogni qualvolta dobbiamo esercitare un movimento muscolare di data estensione per passare su di esso coi nostri occhi o colla nostra mano.

Una intuizione dello spazio, organicamente regolata come quella del tatto e della vista, non ha luogo per gli altri sensi. Due corpi sonori divisi nello spazio, non corrispondono a due distinti territorii di distribuzione dell' acustico. Ciò malgrado e benchè meno perfettamente che per la vista e pel tatto, abbiamo l' intuizione della provenienza dallo spazio delle eccitazioni acustiche ed olfattorie, e giudichiamo della loro direzione, dalla posizione che deve prendere l'organo sensitivo per avere una sensazione più distinta; della loro distanza, dalla forza della sensazione.

Perchè il tempo subjettivamente intuito corrisponda alle objettive proprietà cronologiche degli stimoli, bisogna che la sensazione sia presso a poco contemporanea alla insorgenza, alla durata ed alla cessazione dello stimolo, salvo il minimo tempo che si esige per le trasmissioni centrali, e salvo ancora la influenza delle relativamente non frequenti sensazioni postume. Questo rapporto di eguaglianza ci orienta nel tempo, ci dà l' idea della contemporaneità, della successione e della durata delle azioni. Non però in modo assoluto; prima di tutto, per la limitazione che in causa del tempo impiegato alle trasmissioni interne ed al compiersi del processo senso-percettivo, abbiamo nell' intuire l' intervallo fra due sensazioni assai vicine, intervallo che secondo Mach non è intuibile per l'udito al di là di $^1/_{60}''$; poi perchè la intuizione dei piccoli tempi, in causa forse di queste circostanze, è affetta da erroneità. Vierordt ha dimostrato a questo proposito, che partendo dal minimo intervallo intuibile ($^1/_{60}''$) l' errore diminuisce col crescere di questo intervallo per modo da esser minimo (9 $^0/_0$) a 90 minuti terzi; Vierordt ha pure rilevato che l'errore d'intuizione di tempo è costante da tutti i sensi e tale per cui giudichiamo maggiori i tempi minori e viceversa, mentre fra i 90 e 100 minuti terzi vi sarebbe una grandezza di tempo che abbiamo la facoltà di intuire immutata. In forza di questa fallacia d' intuizione, gli errori positivi aumenterebbero col diminuire del tempo objettivo o viceversa, fino a certi limiti, oltre ai quali l' errore resterebbe costante. Tempi

objettivi di 1,2 - 0,7 - 0,4 secondi, li aumentiamo del 3, del 9, del 18 %; mentre riduciamo del 4, 14, 22 % tempi objettivi di 1,7 - 2,2 - 2,7 secondi.

Erriamo pure nel giudizio di contemporaneità o successione delle azioni, senza che rileviamo l'errore per mancanza di mezzi di controllo. Due eccitazioni brevi e contemporanee, concentrate nello stesso, o divise su due organi sensorii, non vengono percepite contemporaneamente per la diversa celerità di trasmissione nervosa e pel conseguente impegno dell'attenzione sulla sensazione precedente.

Partendo da quanto dicemmo sulla facoltà che abbiamo di objettivare in vario grado o nulla affatto le diverse sensazioni, potremmo dividere queste in *estrinseche, intrinseche* e *miste*, riferendo alle prime le sensazioni specifiche della vista e dell'udito; alle seconde la sensazione intima, per es., del dolore, alle ultime le pur specifiche sensazioni del tatto, dell'olfatto e del gusto.

Come però il carattere da cui deriverebbe questa distinzione delle sensazioni non è esclusivo per nessuna di esse, quanto chè molte volte la sensazione estrinseca assume il carattere dell' intrinseca e viceversa, così è preferibile la più semplice divisione delle sensazioni in *generali* e *specifiche.*

Alle sensazioni generali riferiamo tutte quelle che di prevalenza vengono risentite come condizione intima del nostro corpo e che hanno quindi prevalentemente il carattere delle sensazioni intrinseche. Alle sensazioni specifiche riferiamo invece tutte le altre sensazioni, le quali, come il tatto, il gusto, l'olfatto, l'udito e la vista, oltre al carattere della specificità, hanno pur quello di essere più o meno estrinsecabili.

A questa divisione però non si può dare un valore assoluto, prima di tutto perchè astraendo dal dolore, che è una sensazione intima per eccellenza, molte altre sensazioni ascritte al senso generale possono diventare più o meno estrinsecabili; mentre altre sensazioni specifiche e per eccellenza estrinsecabili possono diventare sensazioni intime, come avviene quando, nel già citato esempio di stimolazione interna dell'acustico, abbia luogo una corrispondente sensazione, che rileviamo essersi ingenerata in noi e non avere la sua causa fuori di noi. Poi anche pel motivo, che alcuni elementi di sensazione specifica (del tatto), quali il senso di pressione e di temperatura, sono preferibilmente riferibili alle sensazioni intime o generali.

Come però la fisiologia considera, per la loro importanza, separatamente, queste intime sensazioni di alcuni nervi, così detti specifici, e come la maggior parte delle sensazioni intime o generali

emanano da nervi tattili o gangliari, così allo studio delle sensazioni specifiche del tatto, facciamo seguire quello delle sensazioni generali, prima di passare alle altre sensazioni specifiche del gusto, cioè, dell'olfatto, dell'udito e della vista.

Dalla subjettività della sensazione e dall'objettivamento della medesima devesi distinguere la natura objettiva o subjettiva, che, a scanso di confusione, preferiamo dire *esterna* od *interna* dello stimolo che la determina. Sono stimoli objettivi od esterni quelli che agiscono dall'esterno sui nervi sensitivi (vibrazioni luminose od acustiche, contatti, ecc.); sono stimoli subjettivi od interni quelli altri, che dallo stesso organismo possono eccitare i nervi sensitivi. Questi ultimi però rispondono sempre nello stesso modo ad amendue le specie di stimoli. Il nervo acustico ci dà una sensazione acustica tanto se eccitato da vibrazioni esterne, quanto se invece da tensione o rilasciamento della membrana del timpano; il nervo ottico risponde con una sensazione luminosa tanto se eccitato dalla luce, quanto se invece dalla pressione sulla retina, mediante energica chiusura dell'occhio.

La *finezza* della sensazione è il potere di distinguere ancora delle eccitazioni che sono qualitativamente o quantitativamente assai prossime fra loro, come avverrebbe di due prossime altezze di toni, di due colori analoghi, di due linee pressochè eguali in lunghezza, o di due suoni pressochè eguali d'intensità. Quanto è minore la rilevata differenza relativa dei due stimoli, tanto è maggiore la finezza della sensazione.

Fra il momento in cui avviene la stimolazione del nervo sensitivo e quello in cui si verifica la percezione deve decorrere un intervallo di tempo, la cui estensione non solo è diversa nei diversi individui, ma anche nello stesso individuo a tempi diversi. Questo intervallo fu misurato da Hirsch mediante il cronoscopo di Wheatstone-Hipp, che è capace di indicare i 1/500 di minuto secondo. Il cronoscopo è un orologio a peso con due quadranti e due sfere, di cui l'una misura i decimi, l'altra i millesimi di secondo. L'andamento dell'orologio è regolato esattamente da un celerissimo vibrante (1000 vibrazioni al secondo) che ad ogni vibrazione fa scorrere un dente della ruota. L'orologio dev'essere in movimento prima dell'esperienza; le sfere invece, che sono indipendenti dal meccanismo principale, stanno ferme per attrazione di un elettro-magnete, funzionante fino a tanto che la spirale che lo circonda è percorsa da una corrente elettrica. Tosto che questa s'interrompe, cessando l'attrazione sul perno delle sfere, queste si muovono per subito arrestarsi al riprendere della corrente, segnando sul quadrante il decorso intervallo.

Al menzionato scopo di misurare il tempo che passa fra la eccitazione del nervo sensitivo e la percezione, Hirsch applicò nel seguente modo il cronoscopo. In una prima ricerca fa tenere nelle mani della persona esperita una pinzetta contenente una palla. Nell'atto che la persona apre la pinzetta, la corrente s'interrompe e la palla cadendo con rumore sovra un piano sottostante la richiude. In una seconda ricerca la corrente non è richiusa dalla palla, ma da un piccolo movimento del dito della persona, tosto che questa abbia sentito il rumore della caduta della palla. I tempi dovranno essere diversi nelle due ricerche e più lungo il secondo, poichè

mentre il primo non misura che il tempo impiegato dalla palla a cadere, il secondo misura questo tempo, più quello impiegato dal rumore a trasmettersi all'orecchio della persona, più ancora quello impiegato da essa a compiere il movimento del dito. La differenza dunque fra i due tempi è eguale all'intervallo che decorre fra l'insorgere del rumore e il muoversi del dito all'udirsi il rumore. Questa differenza è calcolata da 1/8 ad 1/15 di secondo (0,145 a 0,150). Conducendo altra esperienza in modo, che la corrente dividendosi all'elettro-magnete e ad una spirale d'induzione, scoppiasse, al suo interrompersi fra le vicinissime estremità della spirale secondaria, una scintilla, che doveva essere quindi contemporanea al muoversi delle sfere, occorsero 0,22 secondi per vedere e segnalare l'improvvisa apparizione di questa scintilla. Occorsero pure 0,18 secondi per segnalare la percezione di una corrente indotta applicata alla mano, con differenze relative alla diversa distanza dal cervello della regione stimolata. Kohlrausch trovò la differenza di secondi 0,01 fra la mano e la punta del piede, per cui, calcolando a metri 0,9 la distanza fra i due punti, la celerità di trasmissione della eccitazione nei nervi sensitivi sarebbe di 90 metri al secondo, mentre altri la calcolarono a 60 e anche a 30. Ritenuto che dall'inizio della corrente applicata alla mano a quello del suo segnalamento, decorra all'incirca 1/6 di secondo; ritenuto che la trasmissione dalla mano al cervello esiga 1/32 di secondo, ed altrettanto la trasmissione motrice dal cervello alla mano, quindi in totale 2/32 = 1/16 di secondo, deducendo questo valore da 1/6, resta un 1/10 di secondo per la percezione e per la reazione alla medesima, epperò può essere calcolato per ciascuno di questi atti 1/20 di secondo.

Generalmente la sensazione dura quanto lo stimolo, ma qualche volta si prolunga oltre la durata di quest'ultimo, dando luogo alla *sensazione postuma*, la quale dipende dal tardo restituirsi dell'equilibrio molecolare o nell'apparato conducente, o nell'apparato senso-percettivo, principalmente per intensità o persistenza di eccitazione. Esempio del primo caso lo abbiamo scorgendo l'immagine del sole al chiudere gli occhi dopo essere stati abbagliati dalla sua vista; esempio del secondo caso lo abbiamo nell'udire per qualche tempo il rumore del treno, dopo essere discesi da esso in seguito ad un lungo viaggio. Antagonistica alla postuma è la *fallita* sensazione, malgrado l'avvenuta eccitazione. Molte volte la sensazione non avviene per insufficienza dello stimolo, e come moltissimi stimoli lo sono, così resta evitata la perturbazione che avrebbe prodotto l'accumulo delle sensazioni. Altre volte però la sensazione non ha luogo malgrado la sufficiente intensità dello stimolo, il che, prescindendo da condizioni patologiche, avviene principalmente per presenza di eccitazioni sensitive più forti, ovvero per persistenza di abituali eccitazioni monotone, quali ad esempio di una caduta d'acqua, di un pendolo d'orologio, ecc.

L'attività sensoria, tanto eccitata da stimoli esterni che interni, può sottostare ad illusioni, delle quali molte volte ci accorgiamo, specialmente se manchino le influenze patologiche. Le illusioni più numerose si hanno indubbiamente nel campo delle sensazioni visive e in ogni caso tengono: o al modo di agire dello stimolo, sia per causa fisica, come avviene della luce rifratta, che ci fa parer rotto il remo nell'acqua; sia per causa patologica, che ci fa parer gialla la luce bianca nell'itterizia: o

allo sviluppo del processo nervoso, come avviene delle illusioni procurateci dalle sensazioni postume o dal peculiare stato dei nervi sensitivi, per cui non vengono, per esempio, distinti alcuni colori: ovvero finalmente alla modalità di objettivamento della sensazione. Queste ultime illusioni possono aver luogo tanto in presenza, che in assenza dello stimolo esterno. Presente lo stimolo, la illusione può derivare da insufficiente conoscenza del mondo esterno, come avviene del bimbo che cerca di prendere la luna; ovvero da sconvolgimento psicologico nell'ebbrezza, nel delirio febbrile, nella pazzia. Assente lo stimolo esterno, la illusione può essere prodotta da stimoli interni eccessivamente objettivati, come nelle allucinazioni; ovvero da rappresentazioni abituali, che per la loro intensità e persistenza fanno credere ad una sensazione, come nelle visioni e nel sonno.

Le illusioni delle prime due categorie sono tanto comuni ed abituali, che noi ne facciamo criterio per giudicare gli oggetti esterni, come avviene quando dall'illusoria grandezza dei medesimi giudichiamo della loro distanza.

SENSO DEL TATTO.

§ 29. *Cognizioni generali.*

Il senso del tatto è la risultanza delle sensazioni tattili destate da fibre nervose spettanti alla sfera cranio-spinale e decorrenti nelle radici posteriori dei nervi spinali, o nei loro equivalenti anatomo-fisiologici pei nervi cranici.

Senza che sia ancora ben definita la esistenza e la costituzione anatomica di un organo tattile, che a guisa del circoscritto e complicato organo visivo od acustico agisca nella sensazione, è però indubitato che in quelle parti, dalle quali può destarsi la sensazione tattile, esistono peculiarità contestuali, che debbono essere in attinenza colla sensazione, tuttochè una tale attinenza non sia pur anco intieramente definita. Malgrado questo però e malgrado lo scritto al § 70 II, non possiamo sottrarci dal riassumere compendiosamente quanto, dalle cognizioni che si hanno sulla distribuzione dei nervi tattili, può essere messo in rapporto collo sviluppo delle relative sensazioni, riferendoci al detto § per quanto qui, a scanso di ripetizioni, non o brevemente si toccasse.

§ 30. *Organo del tatto.*

Attesa forse la diffusione del senso tattile, non esiste un organo tattile propriamente detto, ma si riscontrano nella distribuzione dei nervi nelle parti dotate di sensibilità tattile delle particolarità, che

si vollero mettere più o meno attendibilmente in armonia collo sviluppo della corrispondente sensazione.

Tali particolarità si possono riassumere brevemente nell' enunciato: che i nervi della cute e delle mucose dotate di sensibilità tattile, dopo avere formati dei plessi microscopici nello spessore di queste membrane, si elevano, mandano delle fibre isolate, molte volte decomponentisi in rami, le quali ascendono in più o meno sentite elevazioni papillari delle membrane medesime, portandosi fin verso il loro apice estremo, quasi a contatto della sovrapposta membrana epidermica od epitelica. Queste fibre nervose primitive, o questi rami di fibre nervose primitive (non raramente avvenendo di scorgere che due rami di una fibra si portino a due diverse papille) comportansi quivi in un modo, che vuolsi ritenere identico, per quanto una tale identità possa essere suscettibile di contestazione.

Le fibre nervose della superficie plantare del piede e della palmare della mano (non escluse però alcune altre parti, fra cui specialmente le labbra) penetrando nelle papille, tengonsi in rapporto coi corpi tattili, che trovansi nelle medesime. Di tali corpi, che hanno in media una lunghezza di 0,2 ed una larghezza di 0,04 millimetri, abbiamo parlato al § 70 II. Qui dobbiamo soltanto aggiungere, che in seguito specialmente alle osservazioni di Meissner sul loro sviluppo si vorrebbero considerare come vescicole. Meissner avrebbe osservato, che nelle papille del neonato penetrano, avanzano e si decompongono in brevi rami terminali i nervi, senza che vi abbiano corpi tattili, i quali non incomincierebbero ad apparire che ad un anno di età, sotto forma di lievemente striate vescicole ovali, nelle quali i nervi penetrerebbero dal disotto e si dividerebbero in esili diramazioni terminali. Per tali osservazioni, e per desiderio di uniformare la struttura dei corpi tattili a quella di altri corpi che si considerano applicati allo sviluppo del tatto, piucchè per vera apparenza dei medesimi, s' interpretarono anch' essi per vescicole piene di una sostanza granulosa, nella quale penetrerebbero fibre o rami di fibre nervose, per quivi decomporsi in rami minori, i quali segnerebbero col loro decorso lo striamento trasverso del corpo tattile e finirebbero ad estremità libera, probabilmente rigonfia e volta all'apice della papilla. Anche a proposito di questo dettaglio, è a notarsi, che una terminazione libera delle fibre nervose nei corpi tattili, tuttochè molto probabile, non è ancora strettamente dimostrata, inducendosi non solo questa maniera di terminazione, ma anche le sue modalità, in primo luogo da una analoga terminazione di altri nervi sensitivi, in secondo luogo dalla

necessità, che per lo sviluppo della sensazione tattile vengano eccitati i nervi alla loro terminazione e non sul loro decorso, nel quale caso si ha una sensazione diversa dalla tattile, come avviene quando urtandosi o premendosi il nervo ulnare si eccita un senso di formicolio in quella parte della mano, a cui si distribuiscono le diramazioni di questo nervo.

I corpi tattili sono più numerosi alla mano che al piede; e più numerosi ancora all'ultima falange palmare delle dita, ove Meissner trovò in un millimetro quadrato 200 papille, di cui 50 munite di corpi tattili. Se ne trovano anche in minor numero alla superficie dorsale.

È principalmente sulla struttura, meglio conosciuta e per noi brevemente menzionata al § 70 II, dei corpi di Pacini, che fondasi la ora esposta interpretazione che si diede a quella dei corpi tattili. I corpi di Pacini infatti non differirebbero da questi ultimi se non per la maggiore grandezza (media di 2 millimetri) delle vescicole e per la maggiore complicazione della loro struttura, quantochè sono formate da molti strati concentrici di tessuto unitivo pressochè amorfo, con interposizione di una sostanza molle e fluida fra uno strato e l'altro. Il peduncolo della vescica è formato esternamente dalla convergenza de' suoi strati, internamente da un canale, che si prolunga fin quasi all' apice della vescicola ove si allarga. Lungo l'asse di questo canale decorre, secondo alcuni, una fibra nervosa, secondo altri un semplice cilindro assile, che nella estremità allargata del canale terminerebbe con una sola o con varie brevi e rigonfie estremità. Una sostanza granulosa e leggermente striata in direzione longitudinale, che trovasi nel canale al d'intorno della fibra, è interpretata come tessuto unitivo dalla maggioranza, come sostanza nervosa da alcuni, mentre Leydig considera quale un prolungamento ingrossato del cilindro dell'asse tutto lo spazio assile della vescica, e quale un canale assile quello che dagli altri è considerato come cilindro assile. Comunque sia di queste interpretazioni, quel che è certo si è, che nelle vescicole stratificate dei corpi di Pacini penetrano e terminano delle fibre nervose, le quali, attraverso il peduncolo delle vescicole medesime si possono inseguire fino al nervo da cui emanano.

I corpi di Pacini sono specialmente abbondanti nelle stesse parti del piede e della mano, in cui vedemmo abbondare i corpi tattili. Non hanno però sede nelle papille, sibbene nel tessuto cellulare sotto-cutaneo, abbondantemente adiposo, di queste parti, e ne furono pur trovati al braccio, al collo, ai capezzoli, al ghiande, non che lungo le diramazioni del nervo infra-orbitale (Hyrtl), lungo quelle

dei plessi simpatici del bacino in vicinanza alla colonna vertebrale e fra le lamine del mesenterio nel gatto.

Terminazioni di nervi tattili più semplici, ma analoghe alle precedenti, sono delle vescicole che trovansi all'estremità libera delle fibre nervose. Queste vescicole, del diametro medio di 0,04 millimetri, hanno una membrana di tessuto unitivo ed un molle ed amorfo contenuto, lungo il cui asse decorre e termina ingrossata una o più strie, che si considerano quali continuazioni amidollate di altrettante fibre nervose. Io aveva già osservato nella lingua di varii mammiferi questi corpi, che furono poi descritti per la prima volta da Krause, il quale li riscontrò nella congiuntiva, nella lingua umana, nel palato molle, nelle labbra, nella mucosa del pene e della clitoride, nella cute e nella superficie palmare delle dita del ratto e della cavia.

Volendo prescindere dalla contestata interpretazione che si volle dare alla struttura dei corpi tattili, risulta abbastanza evidente l'analogia della terminazione che hanno i nervi cutanei, in vescicole di varia grandezza e complicazione a norma che trattasi di questi corpi, o di quelli di Pacini, o delle vescicole terminali di Krause.

Ma dimandasi ora: questa peculiarità di contesto anatomico dei supposti organi, è dessa la più idonea a spiegare il contegno fisiologico della relativa azione del tatto? Non crediamo; prima di tutto perchè i corpi tattili non solo sono rarissimi rispetto ai punti sensibili della cute, ma in molte parti di essa sono anche mancanti; poi perchè i corpi di Pacini, per la loro profonda ubicazione saranno idonei forse a risentire le forti pressioni, ma non certo le più leggiere, che sono anche le più comuni nell' esercizio del tatto; poi finalmente perchè vedemmo che questi corpi riscontransi anche in altre parti, nelle quali il tatto non esiste. Come però delle azioni fisiologiche non possono dispiegarsi senza corrispondenti disposizioni anatomiche, così bisogna inferirne, che quanto noi conosciamo sulla costituzione dell'organo o dell'apparato tattile non rispondendo ai postulati fisiologici, molt' altra parte forse di tale apparato, refrattaria ancora ai nostri mezzi di ricerca, resta a conoscersi e a profferirsi quindi alle interpretazioni fisiologiche. Quello che di ottimo e dirò anzi d'indispensabile riconoscesi per l' esercizio del tatto è senza dubbio l'epidermide o l'epitelio; la mancanza di queste membrane distrugge il tatto, poichè risentesi come dolore ogni sì blando contatto, che a mala pena o non affatto basterebbe a destare una impressione tattile. La loro presenza invece non solo rende possibile ma favorisce l' esercizio del tatto; vediamo infatti essere desso più squisito laddove, come al palmo dell'organo tattile per

eccellenza qual'è la mano, l'epidermide è molto più grossa che in tutte le altre parti del corpo, ed eguaglia presso a poco quella della superficie plantare del piede, ove pure la sensibilità tattile è assai sviluppata. Questa concorrenza dell' epidermide all' esercizio del tatto potrebbe essere interpretata nel senso, che dessa, per varia consistenza e moltiplicità de' suoi elementi costitutivi valesse a trasformare e a diffondere per trasmissione agli elementi vicini in vibrazione molecolare (che vediamo essere la più omogenea forma di movimento eccitatore dei nervi) i più rozzi spostamenti derivanti dai contatti. Nè forse sarebbe strano il pensare, che, come opinasi o credesi avere dimostrato per alcuni organi ghiandolari e per lo stesso organo olfattorio, una penetrazione cioè delle fibre nervose nei corrispondenti elementi epitelici, così anche per l'apparato tattile procedano le fibre nervose ad insinuarsi nelle più profonde cellule del reticolo malpighiano, le quali cellule, volendo sconvolgere le dominanti idee sulle loro attinenze coll' epidermide, si potrebbero anche considerare come cellule di natura nervosa, rappresentanti un apparato nervoso terminale a mosaico, quale osservasi per l'organo visivo. Una tale trasformazione delle nostre attuali credenze, nulla di essenziale avrebbe contro di sè, quando si derivassero i più profondi elementi del reticolo dal foglietto medio della blastodermica ed offrirebbe l'unico mezzo di spiegare quella ubiquità della sensazione tattile, che non può essere forse convenientemente spiegata colla dottrina della terminazione libera delle fibre nervose nello spessore della cute.

§ 31. *Sensazioni tattili.*

La sensazione tattile comprende il senso di pressione positiva o negativa (stiramento) e il senso di temperatura. La facoltà che abbiamo di riconoscere la eccitata regione della cute non è un senso, ma un semplice *giudizio di località*, risultante dall' objettivamento della sensazione.

La sensibilità tattile è propria soltanto di quelle parti del corpo a cui si distribuiscono i nervi tattili, che sono di provenienza cranio-spinale, ed è specifica di questi nervi, come lo è del nervo ottico la sensibilità luminosa. Le parti del corpo umano dotate di sensibilità tattile sono: la cute, la cavità della bocca, le fauci, indistintamente l'esofago, l'apertura esterna e il pavimento delle narici, la parte inferiore del retto.

La sensazione tattile va distinta per la sua specificità dal senso generale. Però i nervi tattili hanno una proprietà che non è co-

mune ad altri nervi sensitivi specifici (quali ad esempio l' ottico e l' acustico) di destare cioè delle sensazioni inerenti al senso generale, quando vengano soverchiamente o impropriamente eccitati. Qualunque eccitazione dell' ottico desta la sensazione di luce ed è indolora la sua stessa recisione. Una soverchia eccitazione dei nervi tattili invece desta colla sensazione tattile il dolore (ferita esterna) che è un attributo della sensibilità generale e che pur si ridesta eccitando indebitamente la cute denudata dell'epidermide o i nervi tattili sul loro decorso.

Nulla può dirsi ancora se i due diversi sensi di pressione e di temperatura spettino piuttosto a varietà di conformazione degli organi nervosi periferici o centrali, ovvero invece a diversità di fibre nervose. La poca conoscenza che abbiamo dei primi organi, la nessuna dei secondi, la deficenza di caratteri distintivi delle fibre nervose in genere e delle sensitive in ispecie, rendono per ora insolubile questo problema. Unificando la conformazione degli organi ritenuti per tattili e riducendola a fibre terminali sospese in un liquido, s' avrebbe voluto, che come queste fibre sarebbero opportunamente condizionate per ricevere le vibrazioni tattili trasmesse dall' epidermide, così lo sarebbero pure per ricevere le vibrazioni termiche destate da distensione o coartazione indotta dalle diverse temperature, per modo che la insorgenza dell'uno o dell'altro senso in un medesimo centro, terrebbe alla diversa modalità di eccitazione dei medesimi nervi. Questa spiegazione è in qualche modo favorita da quanto avviene per il nervo ottico, dal quale si ridesta la sensazione dei diversi colori a norma del numero delle vibrazioni eteree. Ma di fronte al principio che il movimento nervoso è sempre identico, potrà ammettersi tanto per il nervo ottico, quanto pei nervi tattili, che sia unico il centro nervoso nel quale si ridestano le sensazioni dei diversi colori pel primo di questi nervi, il senso di peso e di temperatura pei secondi? E questo dubbio non può elevarsi ancor meglio pei nervi tattili, nei quali non possiamo sperimentalmente indurre, con graduata azione del medesimo agente, il senso di peso o il senso termico, tuttochè questi due sensi sieno capaci di reciprocamente modificarsi? E facendo anche astrazione da questo dubbio, possiamo essere autorizzati ad invocare una concorrenza così esclusiva degli organi tattili nel determinare le due sensazioni, quando li vediamo mancanti o rari, rispetto alla universalità dei punti, dai quali queste sensazioni possono essere ridestate?

Malgrado questi dubbj dobbiamo riconoscere, che le sperienze di E. H. Weber, sui rapporti che passano fra i sensi ponderale e termico, meglio che alla contraria opinione avvicinano a quella,

che amendue questi sensi sieno il prodotto dell'attività delle stesse fibre e fors' anco degli stessi centri nervosi. Weber ha trovato che i corpi freddi giacenti immobili sulla cute ci sembrano più pesanti, i corpi caldi invece più leggieri di quel che dovrebbero sembrarci. Una moneta fredda messa sulla fronte di persona non prevenuta, sembra tanto od anche più pesante di due eguali monete calde, sostituite alla moneta fredda. Il senso di freddo quindi aumenta, il senso di caldo diminuisce il senso di pressione, circostanza questa, la quale rende verosimile, che i due sensi risultino dalla percezione di certe modificazioni nell' uno e medesimo organo periferico dei nervi tattili.

A questo stesso proposito furono fatte da Wunderli delle interessanti osservazioni, tendenti a dimostrare lo scambio che facilmente facciamo del senso ponderale col termico e viceversa, quando trattasi di sensazioni assai deboli. Applicando a persona non prevenuta un foglio di carta pertugiato e toccando lievemente la cute corrispondente al pertugio con cotone od avvicinandole un metallo riscaldato, trovò che i due sensi erano sempre distintamente indicati quando agivasi sul palmo della mano o sulla faccia; che facilmente avveniva lo scambio dell'uno coll'altro, quando agivasi sul dorso della mano o dell'avambraccio, che questo scambio diventava più frequente quando agivasi sul dorso. Per quanto sieno interessanti queste osservazioni di Wunderli, ci sembra troppo forzata la sua induzione, che le due sensazioni dipendano dal numero delle fibre eccitate e che avvenga facilmente lo scambio quando questo numero è ridotto ai minimi termini, perchè la induzione stessa possa essere convenientemente applicata al problema della unità o pluralità delle fibre tattili.

Perchè il *senso di pressione* si sviluppi, occorre un certo grado di resistenza del corpo toccato o toccante e quindi un certo grado di pressione sulla cute, il quale è vario a norma non solo delle sue diverse regioni, ma anche delle diverse persone. Secondo le determinazioni di Kammler, la cute sensibile alle minori pressioni è quella della fronte, ove basta un peso di 2 milligrammi per produrre la sensazione, mentre per le dita occorre un peso di 5 a 15 milligrammi.

Per determinare il grado relativo di pressione occorrente alla sensazione, Goltz pensò di applicare alla cute un tubo di gomma elastica pieno di liquido, nel quale si destassero mediante pressione delle onde di conosciuta intensità. Prescindendo dai dubbj che si potrebbero muovere contro questo metodo di misurazione, dobbiamo dire, come Goltz riscontrasse in genere, che nelle diverse

parti della cute la finezza del senso di pressione corrisponde alla esattezza del giudizio di località, eccettuata la punta della lingua, ove il giudizio di località è più esatto che alla punta delle dita, mentre quivi è più fino il senso di pressione.

Tutte queste determinazioni però diminuiscono di valore al cospetto di un' acutissima induzione di Meissner, dalla quale risulta, che a determinare il senso ponderale occorre nella stimolazione dei nervi tattili qualche cosa di più che una semplice pressione, sia pur questa anche di grado relativamente elevato. Meissner scoprì il fatto molto interessante, che tuffando la mano in acqua o mercurio a temperatura eguale a quella della mano, in nessun punto della parte immersa abbiamo senso di peso, anche quando la pressione della colonna liquida sovrastante sia molto più considerevole di quella che un corpicciolo solido avrebbe esercitato, producendo una sensazione distinta. Rilevò inoltre, che al limite d' immersione v' ha un senso di peso non al dorso ma al palmo della mano. Meissner interpretò questi fatti come segue. Un urto od una pressione persistente sulla cute deve indurre secondo i dettati della fisica, 1.° uno stipamento delle molecole cutanee con aumento della loro tensione, che si mantiene col mantenersi della causa; 2.° un movimento vibratorio delle stesse molecole, che, con decrescente escursione, perdura fino a tanto che abbiano raggiunta una nuova posizione di equilibrio. Dei due movimenti molecolari indotti dalla causa premente è presumibile sia preferibilmente il secondo l' eccitante nervoso, prima di tutto perchè vediamo essere dei movimenti vibratorii quelli che determinano la eccitazione di altri nervi sensitivi, poi perchè lo studio della eccitabilità nervosa ci ha insegnato (§ 54 I) che uno stimolo persistente non agisce sul nervo se non cambiando della sua intensità. Considerando ora comparativamente il contatto della mano con un liquido e con un solido, rileva il Meissner, che nel primo caso questo contatto è generale per tutti i punti della superficie senziente, mentre nel secondo caso il contatto avviene soltanto colle sommità delle creste cutanee, non cogli avvallamenti. Questa differenza non può influire sulla tensione delle molecole, la quale non potrà essere quindi causa di eccitazione dei nervi tattili, ma può influire sul movimento vibratorio che si trasmette ai nervi attraverso la cute e che dovrà essere quindi la causa della eccitazione. Il motivo per cui un liquido non desta, a differenza del solido, vibrazioni eccitanti, sarebbe, secondo Meissner, perchè le vibrazioni prodotte dal liquido non possono essere altrimenti, per la sua generale contiguità, che parallele all' asse delle papille e dei corpi tattili,

mentre quelle prodotte da un corpo solido, che permette, per la sua parziale contiguità, la loro laterale deviazione, devono sempre essere prevalentemente trasversali all'asse medesimo. Ove un liquido non sia generalmente contiguo e determini quindi delle vibrazioni trasversali, si ha la sensazione, come al limite d'immersione; ed ove un solido sia talmente conformato da raggiungere la contiguità generale di un liquido, la sensazione manca, come almeno afferma il Meissner che manchi applicando la mano al proprio negativo fuso in paraffina. Il motivo poi per cui sarebbero eccitanti delle vibrazioni trasversali e non delle vibrazioni longitudinali, il Meissner lo vorrebbe in ciò, che le fibre nervose formando nei corpi tattili un angolo retto col loro asse, le vibrazioni longitudinali verrebbero a colpirle sul loro decorso, mentre invece sarebbero colpite alla loro estremità terminale dalle vibrazioni trasversali. Prescindendo da quest'ultima, non dimostrata affermazione, che non riescano cioè eccitanti delle vibrazioni che colpiscono il nervo sul suo decorso, bisogna confessare che vi ha molto acume nelle interpretazioni di Meissner, le quali, non foss'altro, stabiliscono il principio, che a destare il senso di peso non basta un certo grado di pressione, ma si esige qualche cosa d'altro, che sta probabilmente nella direzione in cui vengono trasmesse all'apparato nervoso le vibrazioni eccitanti.

Il *senso di stiramento* o di *pressione negativa* della cute non è specificamente diverso dal senso di pressione positiva. Il movimento molecolare che nello stiramento si trasmette ai nervi senzienti e li eccita, sta al movimento eccitante della pressione positiva, come le onde negative stanno alle positive; in ogni caso avviene l'eccitazione e la sensazione corrispondente, ma in questa sensazione non è compresa la nozione della forza e della sua direzione, nozione che si acquista soltanto indirettamente mediante l'objettivamento delle sensazioni. Nè soltanto la direzione della forza premente, ma anche altre nozioni acquistiamo che crediamo falsamente inerenti alla sensazione, mentre invece non sono che l'effetto dei riferimenti esterni delle medesime e dei relativi giudizii. Così, per esempio, crediamo inerente alla sensazione tattile la facoltà che abbiamo di distinguere, senz'ajuto della vista, un corpo metallico da un corpo ligneo, e non ci accorgiamo che questa distinzione è l'effetto dei giudizii derivanti dall'objettivamento di diverse sensazioni, quali, ad esempio: il giudizio di luogo, da cui desumiamo la dimensione del corpo: il senso di peso, il senso muscolare, il senso termico, da cui desumiamo le corrispondenti qualità differenziali dei due corpi distinti.

La finezza del senso di pressione sarà tanto maggiore, quanto sono minori le differenze di pressione, che noi col medesimo siamo ancora capaci di distinguere. La prima indicazione che si presenta nel misurare questa finezza, è quella di eliminare il senso muscolare, che noi abbiamo imparato ad applicare alla valutazione dello sforzo che si esige per la determinazione del peso. A quest'uopo Weber suggerisce di applicare il peso alla mano distesa su di un piano sottoposto. Il primo fatto presentatosi a Weber in questa determinazione si è: che noi siamo meno capaci di differenziare e di valutare due sensazioni contemporanee destate da due diverse superficie senzienti, di quello che di fare lo stesso per due diversi pesi applicati successivamente sulla stessa superficie senziente. Il massimo tempo che può decorrere fra queste due sensazioni successive, prima che abbiasi perduta la memoria del valore della sensazione precedente, è tanto maggiore, quanto è maggiore la differenza nella intensità delle due comparande sensazioni, per modo che, se i pesi comportansi fra loro come 4 : 5, è possibile ancora il paragone dopo un intervallo di 100 secondi. Adoperando pesi di eguale estensione e temperatura, Weber ha stabilito: essere ancora rilevabile la differenza di due pesi di qualunque valore assoluto, purchè si comportino relativamente fra loro come 29 : 30. Analoghe, se non eguali risultanze di determinazione relativa si hanno pei sensi acustico e visivo, ove a qualunque intensità di tono o lunghezza di linee presentasi un limite proporzionale di determinazione relativa dei loro valori. Se non che però, a riguardo del senso di pressione, le ultime osservazioni di Dohrn ebbero a dimostrare: che il limite stabilito da Weber non è valevole per dei pesi piccolissimi, essendochè, a norma delle diverse parti esperite del corpo col peso di un grammo, Dohrn ha dovuto aggiungere, perchè la differenza diventasse rilevabile, da 0,2 fino a 4 gramme per la cute del dorso. Sta però sempre pei pesi maggiori il rapporto differenziale stabilito da Weber, rapporto che in seguito alle sue determinazioni può essere portato a 39 : 40, quando alla determinazione della differenza concorra anche il senso muscolare.

È pure a notarsi rispetto al senso di peso:

1.° Che l'aumento di un grave posto sulla cute è più facilmente rilevabile, che non la sua diminuzione.

2.° Che nelle diverse parti della cute il senso di peso presenta minori differenze di finezza che non il giudizio di località.

3.° Che però in quelle parti della cute, nelle quali quest'ultimo giudizio è più fino, quivi è anche più fino il senso di peso. Dohrn ha stabilito a questo proposito, che per rilevare la differenza in più

del peso di 1 grammo, bisogna aggiungere grammi 0,499 per la terza falange delle dita; 0,771 per la seconda; 0,820 per la prima (in media qualche cosa di più pel medio e mignolo, che per le altre dita); per il dorso della mano 1,156; per il palmo 1,018; per l'avambraccio 1,990; per il dorso, ai lati della colonna vertebrale 3,8; per lo sterno 3,0; per la regione ombelicale 3,5; per la superficie anteriore della coscia e del ginocchio 3,5; per la gamba 1,0; pel dorso del piede 0,5.

4.° Che il senso di peso può andare distrutto, persistendo il senso muscolare. Ciò pare avvenga principalmente in alcune malattie croniche del midollo spinale. Un ammalato di Eigenbrodt, che poteva distinguere coll'ajuto del braccio la differenza fra 15 e 16 oncie, non era capace di rilevare un peso di 5 libbre applicato sulla sua mano.

5.° Che il senso di peso può mancare malgrado la persistenza dello stimolo, o può protrarsi al di là della sua azione, dando luogo alla sensazione postuma.

La mancanza del senso di peso malgrado la persistenza dello stimolo, avviene quando, elidendo il senso muscolare, lasciamo che un peso graviti immobile sulla cute. Se ne ha ovvio esempio quando colla nostra mano gravitiamo immobilmente sovra una parte del corpo nostro o di altra persona. Avuto il senso al primo tocco, non ci accorgiamo in seguito di averlo, quando la mano stia perfettamente immobile, ridestandosi tosto che essa eserciti qualche lieve movimento. Lo stesso avviene se si applichi invece un peso sulla mano. La sensazione postuma del senso di peso non deve essere confusa col ricordo di un preceduto senso di peso per la sua valutazione rispetto ad un peso successivo. In questo secondo caso il processo di sensazione è terminato ed il ricordo di essa non è che una rappresentazione che noi ci facciamo della sensazione medesima; ciò è tanto vero che nel risovvenirla noi ci accorgiamo che lo stimolo non agisce più. La sensazione postuma è invece costituita da una vera continuazione del processo di sensazione, oltre la durata dello stimolo, vuoi che questa continuazione debbasi a perdurante azione del nervo, o del centro sensitivo, o di amendue. Il più bell'esempio di sensazione postuma del senso di peso lo abbiamo, quando crediamo di avere ancora in dito un anello che abbiamo levato, o sulla testa un cappello, che teniamo in mano.

Una spiegazione non affatto inattendibile, che si è cercato di dare alla mancante ed alla postuma sensazione di peso, è basata sulla teoria della vibrazione molecolare destata dal peso nell'epidermide

e considerata quale eccitante la sensazione. Questa vibrazione molecolare che insorge all'applicare del peso, continua per un certo tempo, ma deve poi cessare, presente anche il peso, quando le molecole vibranti hanno raggiunto un nuovo equilibrio statico. È in seguito a ciò che il senso di peso cessa di aver luogo malgrado la continuante presenza del peso, la quale rilevasi tosto che col movimento di esso o della mano si ridestano nuove vibrazioni molecolari. Che se dal menzionato equilibrio che le molecole raggiunsero a peso persistente, si passi a levarlo, una nuova vibrazione molecolare ridestasi, la quale potrebbe essere causa della sensazione postuma. Non dobbiamo però nasconderci, che a meno di ammettere, in questo caso, un' assai lunga durata del movimento vibratorio, questa spiegazione trova una rilevante obbiezione nel fatto, che la sensazione postuma, per esempio, dell' anello, dura per molto tempo dalla sua levata dal dito. E come in genere il senso postumo di peso ha luogo specialmente in quei casi in cui abbiamo acquistata una certa abitudine ad averlo, così non sarebbe fuor di luogo il pensare, che la sensazione postuma, piucchè alla insorgenza di un movimento vibratorio nell'organo tattile, debbasi ad una prolungata persistenza di movimento nell'organo senziente. Non è però a nascondersi nemmeno, che in molti altri casi la sensazione postuma ha una durata più breve, che Valentin ha cercato di determinare, tenendo applicata la mano alla periferia di una roteante ruota dentata. Egli trovò che la ruota sembrava liscia e che quindi le sensazioni postume spettanti ai singoli denti della ruota avevano una durata eguale al tempo che passava fra il contatto di due denti vicini, quando la velocità di rotazione della ruota era tale, per cui questo intervallo fosse rappresentato da meno di $^1/_{640}$ di secondo.

L' idea della direzione in cui agisce la pressione o la trazione sulla cute non è nè può essere inerente alla sensazione di peso, come non è inerente alla sensazione lo stimolo esterno od interno che la ridesta. La direzione della pressione noi ce la rappresentiamo mediante il senso muscolare. Questa rappresentazione ci manca in seguito al solo senso di pressione. A varie persone io compressi lievemente, in modo da non trasmettere la pressione ai muscoli sottoposti, la cute palmare delle dita e della mano appoggiata ad un sostegno, con una punta ottusa, e quasi mai mi si seppe indicare se lo strumento aveva esercitato la sua pressione in direzione obliqua, verticale od orizzontale. Sottoponendomi io stesso all'esperienza, provai che il più delle volte la direzione del peso sembrava, ma erroneamente, verticale. Si dà meglio nel segno

se la pressione è più forte, poichè in allora entra in azione il senso muscolare nel rappresentarci la direzione della forza. E questo senso agisce principalmente, secondo Weber, col farci risultare la direzione della forza dalla cognizione, che mediante l'esperienza abbiamo acquistata, del movimento delle nostre membra, per cui rileviamo se una data forza agisca nella direzione o contro la direzione di un determinato movimento. Valga al proposito l'esempio dato da Weber, che se noi tiriamo i capelli ad una persona, essa si accorge della direzione in cui furono tirati dalla resistenza che oppongono i muscoli che agiscono antagonisticamente alla direzione della forza; che se invece si tenga ferma la testa della persona, essa non più si accorge di quella qualsiasi direzione in cui i capelli furono stirati.

Il senso di pressione unito al senso muscolare ci somministra l'esatto concetto tanto della nostra forza intima, quanto delle forze esterne che oppongono resistenza ai nostri movimenti. Nella pressione reciproca delle nostre mani abbiamo il più palmare esempio di contemporanea sensazione della forza e della resistenza e del loro rapporto di causalità.

Sensazioni di pressione possono anche ridestarsi indirettamente ed analogamente riferirsi. Soffregando leggermente lunghi capelli alla loro punta, si ha una sensazione tattile, che tanto si riferisce al capillizio, quanto ai capelli. Avviene pure di riferire un senso di pressione al dito ed un altro all'altro capo di un solido bastoncino, che il dito prema per l'un capo contro un corpo resistente. Per questa via acquistiamo l'idea della resistenza di quest' ultimo, come avviene di vedere in molte specie di assaggio, e fra queste, ad esempio, l'applicazione della sonda.

Il senso termico è il prodotto della oscillazione destata nell' organo tattile dalle vibrazioni termiche, le quali si dirigono dai corpi esterni alla cute, se i primi sono più caldi della seconda; dalla cute ai corpi esterni, se questi ultimi sono più freddi della prima. L'objettivamento che facciamo delle corrispondenti sensazioni di caldo e di freddo ci conduce a riconoscerle meno per una peculiare modificazione di una parte del nostro organismo (organo tattile) di quello che per una proprietà degli oggetti esterni, in mancanza dei quali riferiamo la sensazione a noi stessi, riconoscendone la derivazione subjettiva. Le determinazioni termometriche quindi, che noi possiamo fare coll' aiuto del senso termico, sono relative sempre ad un punto, che non è fisso come lo zero del termometro, sibbene ad un punto variabile, qual' è la sensazione negativa che abbiamo, quando la temperatura dell' organo tattile, suscettibile

di variare per molte cause, eguaglia la temperatura dei corpi esterni. La variabilità di questo punto è provata senz' altri commenti dall'esperienza di Weber, per la quale, raffreddando la mano col tuffarla per poco nell'acqua a + 10 C°, si ha tutt' a prima un senso di caldo, se la si porta nell'acqua a + 20 C°, riapparendo però ben presto il senso di freddo, che continua fino a quando l' acqua abbia acquistata la temperatura della mano.

Vi ha quindi una tendenza all' equilibrio térmico fra la cute e gli agenti esterni, i quali ove siano più freddi della cute, continuano a destare un senso di freddo, fino a tanto che la loro temperatura siasi equilibrata con quella di quest'ultima, non tanto per raffreddamento della cute, quanto (in causa della termogenesi) per riscaldamento dell'oggetto.

In ambiente freddo, infatti, abbiamo, finchè vi stiamo, una sensazione corrispondente, non perchè la temperatura della cute siasi abbassata ad un determinato grado di freddo, sibbene perchè l'organo tattile è eccitato dalla vibrazione termica, che dalla cute, riscaldata dal sangue, si stabilisce verso l'ambiente.

Esistendo però anche la eccitante vibrazione termica in un senso o nell' altro, deve essa avere una certa velocità per produrre la sensazione, la quale alla sua volta vi corrisponde nella sua intensità. Fra due corpi, l' uno di legno e l' altro di metallo, aventi la stessa temperatura inferiore a quella della mano, il secondo ci sembra più freddo, perchè come buon conduttore sottrae più presto il calore o determina più veloci vibrazioni. La velocità che le vibrazioni termo-cutanee debbono avere per destare la sensazione termica, implica necessariamente il concetto, che a raggiungere questo effetto si esiga una quantità di calore (non ancora determinata sperimentalmente) la quale in tempo dato irradii alla o dalla cute. Gli è perciò che invertendo i rapporti dell' esempio precedente, abbiamo senso di bruciore dal mercurio quando questo metallo non ha che una temperatura di + 50°, mentre per avere lo stesso senso dal legno si esige che abbia + 80° e dall'aria + 120°.

A temperatura costante dell' apparato cutaneo è ancora possibile una corrente termica nelle due direzioni e quindi una sensazione termica positiva o negativa quando i diversi strati di questo apparato mantengono dall' esterno all' interno o viceversa delle costanti differenze di temperatura. Se quindi la cute sottrae al sangue ed irradia tanto calore, quanto è quello che nello stesso tempo dà all'ambiente, o viceversa, in allora, purchè le vibrazioni termiche siano abbastanza veloci, si avrà sensazione di caldo o di freddo, senza che siasi modificata la temperatura dell'apparato cutaneo.

Avvenendo però anche di tali modificazioni, esse non si estendono nei limiti delle contingenti temperature dei corpi esterni. Vierordt ha provato, che se a media temperatura esterna prendiamo in mano per 20 secondi una palla metallica a — 2° fino a — 8°, abbiamo sensazione di dolore e la temperatura della mano discende di 5 a 8 gradi; si riscalda quindi, rapidamente dapprima, poi lentamente in modo da impiegare 5 a 8 minuti per raggiungere la primitiva temperatura, e durante questo objettivo riscaldamento della cute abbiamo senso di freddo. Se invece prendiamo in mano una palla metallica ben calda, la temperatura della cute si eleva di uno o due gradi, si raffredda quindi lentamente al cessare del contatto e si ha per qualche tempo un senso di caldo.

La finezza del senso di temperatnra corrisponde alla facoltà di riconoscere la differenza che passa fra una temperatura e l'altra. Vale a quest'uopo, secondo Weber, quanto vedemmo valere pel senso di peso, che cioè la distinzione riesce meglio applicando successivamente due diverse temperature ad una sola superficie senziente, di quello che applicandole contemporaneamente a due diverse superficie. In questo secondo caso le due diverse impressioni si unificano tanto più facilmente, quanto più vicine sono le due superficie. In ogni caso bisogna che l'unica o le due superficie eccitate abbiano la stessa estensione, avendo provato il Weber, che le impressioni termiche sono più deboli a superficie meno estese e viceversa. Tuffando un solo dito nell'acqua a + 32° si ha la stessa impressione che tuffando l'intiera mano nell'acqua a + 29,5°, e tuffando in acqua della stessa temperatura da una parte il solo dito di una mano, l'intiera mano dall'altra, ci sembra più calda quest' ultima. Dalle determinazioni di Weber, fatte col metodo delle successive immersioni dello stesso dito o della stessa mano, è risultato: che la massima parte degli uomini sa rilevare col dito delle differenze di temperatura comprese tra $^2/_5$ ed $^1/_6$ di grado, quando si agisca a temperature comprese fra + 17° e 36° C°. È pure indicata la possibilità di rilevare differenze minori, specialmente in seguito all' esercizio del senso termico. Lindemann ha potuto rilevare differenze di 0,05° C° a temperature avvicinantisi a quelle del sangue, per le quali Fechner afferma essere indefinita la finezza.

È però a notarsi che la finezza del senso termico non è uguale in tutte le parti della cute, ma vario a norma del numero dei nervi, della loro disposizione e dello spessore dell'epidermide. Tuffando la mano nell'acqua fredda, si risente prima il freddo dal dorso perchè quivi la epidermide è più sottile, raggiunge però la maggiore intensità al palmo, perchè quivi i nervi sono più nume-



rosi e forse più opportunamente disposti nei corpi tattili a risentire l'impressione termica.

Weber trovò varia la finezza del senso termico a norma delle temperature; massima, secondo Nothnagel, fra + 27° e 32° C°. A parità di temperatura, Weber ha trovato la maggiore finezza del senso termico alle dita, alla lingua, alla faccia, specialmente alle guancie ed alle palpebre; ha pure trovato che le parti mediane del corpo sono meno sensibili delle laterali: la punta del naso, per esempio, meno sensibile delle pinne. Alsberg avrebbe pure riscontrata una maggiore sensibilità nell'anemia, una minore nell'iperemia.

Malgrado la finezza del senso termico, esso, rispetto alla estensione delle più comuni temperature, è compreso in limiti ristretti, al di là dei quali non ha più luogo senso termico, ma dolore, come fa l'acqua a 0° e a + 55° C°.

Giudizio di località. — La sensazione tattile nella sua parte subjettiva non implica la determinazione del punto eccitato della cute, come la vibrazione di una corda non implica per sè stessa la provenienza della forza che l'ha messa in vibrazione. La determinazione del punto eccitato, estranea alla parte subjettiva della sensazione, esige in primo luogo il suo objettivamento o il suo riferimento generico alla cute; poi esige la conoscenza topografica della superficie cutanea pel riferimento speciale ad un punto della medesima. Vedemmo nel precedente § come la facoltà di objettivare la sensazione si acquisti coll'esercizio, al quale dobbiamo pure la conoscenza topografica che facciamo della nostra superficie cutanea, mediante l'uso del tatto, sussidiato specialmente dai sensi visivo e muscolare. È in seguito, per esempio, alla percezione dell'attività muscolare che si esige per vedere o toccare il piede colla mano, che noi acquistiamo la cognizione della ubicazione del piede rispetto alle altre parti del nostro corpo. Se ci fosse possibile di indagare le azioni subjettive del neonato, che non ha ancora acquistata nè la facoltà di objettivare la sensazione, nè la cognizione topografica della superficie del suo corpo, potremmo convincerci, che egli, tuttochè abbia avuta la sensazione subjettiva, pure non sa riferirla alla superficie del suo corpo in genere e molto meno sa riferirla ad un punto della medesima. Volendo anche supporre che, per diverso condizionamento di organi periferici, uno stimolo eguale desti dal piede e dalla mano sensazioni diverse, queste sensazioni, pur mantenendo la loro varietà subjettiva, non avrebbero in essa la ragione di dover essere riferite l'una al piede, l'altra alla mano, come nella variante intensità della corrente di due fili telegrafici

non v'è la ragione perchè sia indicata la provenienza delle loro trasmissioni.

L'organo percettivo non riconosce la direzione d'arrivo di una eccitazione, ma sente soltanto l'effetto di essa. Tutt'al più volendo ammettere una peculiarità di sensazione per ogni punto della cute, paragonabile alla diversa intensità della corrente in due fili telegrafici, si potrà soltanto desumere da questa peculiarità la provenienza, quando l'esperienza ne avrà fatto riconoscere il nesso, come dalla diversa intensità della corrente si potrebbe conoscerne la derivazione, quando fosse prestabilito il rapporto dell'una coll'altra. Ma questo riferimento a differenza di spazio delle differenze qualitative della sensazione e questo riconoscimento del luogo in cui ha agito lo stimolo dalla qualità di una data sensazione, è l'effetto di un giudizio risultante dall'azione combinata dei sensi tattile, muscolare e visivo. Gli è perciò che alla denominazione di *senso di località* (*Ortsinn*) impartita da Weber a questo effetto, e successivamente conservata, noi crediamo preferibile quella di *giudizio di località.*

Mediante questo giudizio veniamo nella possibilità di riconoscere il punto della superficie tattile ponderalmente o termicamente eccitato; di riconoscere la separazione di due punti della superficie tattile contemporaneamente eccitati da stimoli qualitativamente e quantitativamente eguali; di rappresentarci finalmente la figura geometrica determinata da vicini punti contemporaneamente eccitati. Questo giudizio è indipendente dalla qualità dello stimolo, emana da qualsiasi maniera di eccitazione tattile, epperò non esige una terza peculiare maniera di eccitazione, oltre alle due di pressione e di temperatura.

Il giudizio di località non è egualmente esatto in tutte le parti della superficie tattile. Fu Weber che primo applicossi a misurare il grado di esattezza di questo giudizio o senso di località. Il suo metodo di misurazione è basato sul principio, che ove questo giudizio è meno esatto, si confonde un dato spazio che separa due punti eccitati, per modo che dalla contemporanea eccitazione dei due punti si ha una sola sensazione. I limiti dello spazio, nei quali si confonde in una sola sensazione la eccitazione contemporanea di due punti, sono tanto più estesi, quanto meno è esatto il giudizio, o quanto meno è fino il senso di località. Mediante contemporanea applicazione delle due punte di un compasso a diverse parti della superficie tattile, Weber ha misurato per queste parti la massima distanza che possono avere le punte eccitanti prima di indurre una sensazione unica, ed è venuto alle seguenti determinazioni:

Punta della lingua	mill.	1,12
Dorso della lingua e superficie palmare delle ultime falangi delle dita . . .	»	2,25
Parte rossa delle labbra e superficie palmare delle seconde falangi	»	4,50
Superficie palmare delle prime falangi e punta del naso	»	6,75
Parte non rossa delle labbra e metacarpo del pollice	»	9
Superficie plantare dell'ultima falange del pollice; superficie dorsale delle seconde falangi della mano; guancie e palpebre	»	11,25
Palato osseo	»	13,50
Zigoma anteriore; superficie plantare del metatarso del pollice; superficie dorsale delle prime falangi delle dita	»	15,75
Superficie dorsale del metacarpo . . .	»	18
Superficie interna delle labbra	»	20,25
Zigoma posteriore; parte inferiore della fronte; calcagno	»	22,50
Nuca	»	27
Dorso della mano	»	31,50
Sottomento e sincipite	»	33,75
Rotella	»	36
Sacro, ischii, avambraccio, gamba, dorso del piede	»	40,50
Sterno	»	45
Linea mediana del dorso	»	54 a 70
Linea mediana del braccio e della coscia	»	70

Da questi dati emerge, che la esattezza del giudizio di località per le menzionate parti del corpo va decrescendo nell'ordine in cui furono esposte, per cui riscontriamo la massima relativa esattezza alla punta della lingua, alla superficie palmare della terza falange delle dita ed alle labbra, ovvero sia in quelle parti, le quali per la loro ubicazione, per la loro mobilità e per il loro generale condizionamento fisiologico, sono le più adoperabili, le più adoperate e le più necessarie nell'esercizio del tatto.

È pure ad osservarsi a proposito di questa maniera di determinazione: 1.° Che a costante apertura del compasso applicato a diverse delle parti menzionate, la distanza delle punte ci sembra tanto maggiore, quant'è più fino il giudizio di località. Questa cir-

costanza spiega come avvenga che applicando verticalmente due punte alla distanza di 40 mill. al davanti dell'orecchio, queste punte sembrino tanto vicine da dare quasi o affatto una sola sensazione, mentre strisciando da quivi, colla stessa apertura del compasso, per le guancie alle labbra, si sente sempre maggiore la distanza delle punte e massima sulla linea mediana, per cui sembra che le punte, anzichè parallele, decorrano fin là divergendo e per la stessa ragione ci sembrano convergenti, quando dalla linea mediana delle labbra le strisciamo per l'altra guancia al davanti dell'opposto orecchio. Se con apertura di 25 mill. poniamo trasversalmente il compasso sulla cute dell'avambraccio e strisciamo pel palmo della mano alla punta delle dita, abbiamo dapprincipio la sensazione di una linea sola, che poi sul palmo della mano sembra dividersi in due branche divergenti verso le dita. Quanto avviene per la direzione ha pur luogo per la velocità, poichè strisciando con velocità costante le punte del compasso sulla cute, si giudica un aumento di velocità in quelle parti di essa, nelle quali è più esatto il giudizio di località e viceversa. Lo stesso effetto si ottiene strisciando anche con una sola punta. Fechner ha pure trovato, che applicando le punte a tale distanza da avere le due sensazioni, lo spazio compreso fra le due punte ci sembra più grande di quello che ci appare strisciandolo con una punta. A questo proposito è però osservato da Vierordt, che la differenza tiene alla velocità dello striscio, il quale ci dà l'idea di uno spazio tanto più breve, quanto più è veloce, mentre se è molto lento, può darci l'idea di uno spazio maggiore di quello compreso fra le punte. 2.° Che nella direzione longitudinale degli arti il giudizio di località è meno esatto, di quello il sia nella direzione trasversale dei medesimi, per cui, onde avere le due sensazioni, la distanza fra le due punte deve essere maggiore nella prima che nella seconda direzione. 3.° Che molte volte quando le punte sono vicine a raggiungere quella distanza per cui sogliono dare in una determinata regione le due sensazioni, non danno la sensazione di una punta, ma piuttosto di una linea, dalla cui direzione si può quindi desumere quella in cui furono applicate le punte. 4.° Che se le due punte sono diversamente condizionate (l'una calda, per esempio, e l'altra fredda) si ha duplice sensazione anche a distanza inferiore, senza che si sappia però indicare quale sia la più o la meno calda. 5.° Che il giudizio di località è suscettibile di essere educato coll'esercizio, specialmente in quelle parti del corpo, nelle quali è abitualmente meno esatto. Questo effetto che si osserva naturalmente nei ciechi e (per i piedi) negli amputati delle mani, fu sperimentalmente dimostrato

da Volkmann, il quale non solo ha rilevata una varietà nel grado di esattezza del giudizio di località per le diverse persone, ma ha pure rilevato, che in una sola seduta, ripetendo successivamente su varie regioni della cute di una stessa persona l'applicazione delle punte, la distanza che si esige pel rilievo delle due sensazioni va sempre diminuendo col ripetersi delle applicazioni, per modo da ridursi, per esempio, da 2 mill. a 1,7 - 1,5 - 1,3 per le falangi delle dita; da 18 mill. a 5 pel palmo della mano. Il raffinamento del giudizio verrebbe quindi ad essere maggiore (di $^3/_4$) per il palmo della mano ove è meno esatto, di quello che per l'apice delle dita, ove si raffina soltanto per $^4/_{10}$. Rispetto alla progressione di questo raffinamento, Volkmann ha osservato, ch'esso dapprincipio è lento, poi più rapido, poi più lento ancora, fino a tanto che s'arresta od anche recede. In questi fatti relativi all'organo tattile v'è qualche analogia, secondo Volkmann, col giudizio di località visiva, il quale è pur suscettibile di raffinamento, in minor grado però per quelle persone, che hanno già l'occhio esercitato alle piccole distanze. Fu fatta poi dallo stesso Volkmann la interessantissima osservazione, che applicando le punte sovra due punti simmetrici della cute, per esempio, sulla punta del medio delle due mani e trovandovi egualmente sviluppato il giudizio di località, se cercasi raffinare coll'esercizio quello del medio di una mano, raffinasi senza esercitarlo anche quello del medio dell'altra mano. Lo stesso ha luogo, ma in minor grado, per punti non simmetrici ma vicini a quelli esercitati, mentre non ha luogo pei lontani da essi.

Partendo dal principio fisiologico, che una stessa fibra nervosa contemporaneamente eccitata su due o varii punti del suo decorso desta una sensazione che può essere più intensa ma non multipla, il Weber spiega l'unicità della sensazione conseguente all'applicazione delle due punte ammettendo, che quivi sia stata eccitata sovra due punti diversi del suo decorso la stessa fibra nervosa. Considera quindi la cute, come divisa in tanti *circoli sensitivi* di varia estensione e figura, nella cui area, rappresentante il territorio di periferica distribuzione di una sola fibra nervosa, la sensazione destata dalle due punte sarebbe unica, purchè la loro distanza sia compresa nell'area medesima. La estensione di questi circoli sarebbe varia col grado di finezza del senso di località; minore dove il senso è più fino e viceversa. Il concetto della esistenza di uno spazio interposto alle due punte eccitanti ci deriverebbe, secondo Weber, dalla interposizione fra esse di circoli non eccitati, e tale spazio ci sembrerebbe tanto maggiore, quanto maggiore fosse il numero di questi circoli, d'onde si spiegherebbe, secondo Weber,

che per la intuizione che noi abbiamo del numero e non della estensione dei circoli stessi, ci sembri maggiore lo spazio interposto fra due punte in quelle regioni nelle quali è più sviluppato il senso di località, perchè i circoli quivi interposti, tuttochè meno estesi, vi sono più numerosi.

La spiegazione di Weber, variamente combattuta e in varie parti deficiente, è ammissibile nel senso, che riconosce implicitamente un concetto anatomico, senza del quale non sarebbe spiegabile un cardinale fatto fisiologico del tatto. Questo fatto sta in ciò: che ogni punto stimolato della cute desta una sensazione: il che reclama necessariamente la presenza in ogni punto della cute di un terminale conduttore nervoso. Se vi fossero dei punti, e meglio ancora delle aree a cui non corrispondessero delle terminazioni nervose, questi punti e queste aree non dovrebbero essere sensibili. Punti insensibili della cute però non esistono e molto meno esistono aree insensibili. Eppure l'osservazione microscopica, lungi dall'averci fino ad ora condotto al reperto di una fibra nervosa terminale per ogni punto della cute, lungi dall'averci dimostrato alla superficie di essa un mosaico di fibre terminali, quale ce lo ha dimostrato alla superficie retinica, ci dà una tale apparenza, dalla quale risulta, che sono relativamente scarsissimi i punti della superficie cutanea a cui corrisponde una fibra nervosa. Anche in quelle parti, nelle quali il tatto è per esercizio e fors' anco per condizionamento organico, squisitissimo, come alle dita, anche quivi, le papille munite di corpi tattili sono relativamente scarse rispetto alle altre, nelle quali si osservano delle anse vascolari, ma non sono riscontrabili dei nervi. Se però la osservazione fisiologica ci conduce molte volte all' ammissione, tuttochè non ispiegata, di principii fondamentali, uno di essi è e non può a meno di essere il già citato, che ad un punto sensibile dovendo corrispondere un conduttore nervoso, conduttori nervosi dovranno corrispondere ad ogni punto della cute. Questi organi nervosi disposti a mosaico alla superficie della cute non furono ancora trovati, e forse potrebbero consistere in terminazioni cellulari, quali osservansi per altri organi sensitivi, e quali forse per la cute potrebbero essere rappresentati dagli elementi del reticolo malpighiano, in favore della cui concorrenza alla sensibilità tattile potrebbe forse parlare il fatto della perdita di questa sensibilità nella cute scoperta. Volendo però anche prescindere da questa idea, la quale per farsi strada ha bisogno che l'osservazione continui lo svolgimento iniziato da Schrön del concetto dominante sulla costituzione dell'epidermide, volendo, dico, prescindere anche da questa idea ed ammettere che possano

essere sensibili dei punti della cute, in cui realmente non esistono nervi, come ce lo vorrebbe far credere l'osservazione microscopica; volendo reclamare questa sensibilità dalla trasmissione della eccitazione alle fibre che sono più vicine al punto eccitato e riconoscere quindi, che la disposizione dell'apparato nervoso periferico della cute, quale ci è indicata dal microscopio, possa essere propria a spiegare il fatto cardinale della sensibilità di ogni punto della cute, volendo ammettere tutto questo, incorriamo sempre nell'ostacolo di spiegare, come mai avvenga, che dai circoscritti nervi che entrano in un arto, possano derivare le numerosissime fibre, che formano i plessi nervosi periferici nello strato sotto papillare della cute.

La impossibilità di stabilire un confronto fra il diametro complessivo dei nervi che entrano in un arto e quello delle fibre nervose che formano i plessi periferici nella cute del medesimo, sarà sempre sostituita, nell'interpretare la modalità di loro dipendenza, dal concetto emergente dall'osservazione: non essere cioè spiegabile la formazione dei plessi periferici tanto complicati ed estesi in tutta la superficie cutanea di un arto dalle sole fibre de' suoi nervi, nei quali son pure comprese le fibre motrici.

L'osservazione quindi ci trae necessariamente ad ammettere, che i plessi periferici della cute non possono essere formati altrimenti che da diramazioni delle fibre nervose, non da queste ultime, e che ove nello e dallo strato sotto papillare della cute, vediamo filamenti nervosi biforcarsi ed ascendere alle papille, non sieno quei filamenti delle fibre nervose primitive, ma sieno invece il prodotto di già precedentemente ripetutesi biforcazioni di esse. Ciò devesi ammettere tanto per necessità logica, emergente dalla considerazione comparativa dei nervi ascendenti ad un arto e dei loro plessi periferici nel medesimo, quanto per vera e reale osservazione di biforcazione delle fibre nervose non soltanto nello strato sotto papillare, ma anche nel più profondo spessore della cute.

Da questa reclamata ammissione facendo un passo nel campo della ipotesi e supponendo che ciascuno dei rami terminali delle fibre nervose tengasi in rapporto con un terminale elemento nervoso, rappresentato forse dai più profondi elementi del reticolo malpighiano, che vediamo schierati a mosaico ed a mo' di minuto epitelio cilindrico, su di una zona jalina che li separa dalla cute e che si considera come una membrana anista, facendo, dico, questo passo nel campo della ipotesi, potremmo paragonare il contegno di una fibra nervosa, rispetto alla sua terminazione, al contegno dello stelo di un racemo rispetto a suoi acini terminali assai stipati e conti-

gui. Ogni acino od ogni elemento nervoso terminale rappresenterebbe un punto sensibile della cute, e come ogni volta che le oscillazioni derivanti dal contemporaneo tocco di due acini dovrebbero necessariamente passare nella loro trasmissione lungo l' unico stelo comune ai medesimi, così, per quanto la fisiologia dimostra e in parte reclama, la eccitazione contemporanea di due punti compresi nel territorio di periferica distribuzione di una fibra nervosa comune ai medesimi, dovendo raccogliersi in questa fibra e trasmettersi per essa sola al centro senso-percettivo, dovrà essere risentita come l'effetto della eccitazione di un punto solo. Ad una consimile interpretazione del fatto di sensazione unica a doppia eccitazione non ci potremmo sottrarre altrimenti, se non ammettendo, che invece di essere unica la via di conduzione, fosse unica la stazione di arrivo della eccitazione, vale a dire, che due fibre nervose eccitate alla periferia rappresentassero i prolungamenti di una sola cellula nervosa; il che, se non è direttamente contrastato dalla osservazione, è però reso meno verosimile, rispetto alla interpretazione precedente, dal frequente osservarsi della biforcazione delle fibre nervose cutanee e dalla necessità di spiegare, come dai nervi di un arto, possano derivare i numerosi plessi cutanei del medesimo.

L'opposizione fatta alla dottrina di Weber, che eccitando due punti confinanti di due circoli attigui dovrebbesi avere la doppia sensazione a distanze minime, anche in quelle parti della cute nelle quali si esigono invece grandi distanze per averle, non tiene in confronto dell'enunciato dallo stesso Weber, che cioè, l' idea dello spazio che separa le due sensazioni, non altrimenti ci deriva che dalla interposizione fra i circoli eccitati di altri circoli non eccitati; motivo per cui nella eccitazione di due circoli contigui non essendovi idea di spazio interposto, le due eccitazioni devono fondersi in una sola sensazione. Non sarebbe poi, secondo Weber, l'ampiezza, ma il numero di questi circoli, quello, da cui noi desumeremmo il concetto della estensione dello spazio interposto; il che spiegherebbe come avvenga che due punte a distanza costante ci sembrino più lontane in quelle regioni della cute, nelle quali è più raffinato il giudizio di località. Il concetto della relativa grandezza di due distanze non lo desumeremmo però da una comparativa enumerazione dei circoli interposti, sibbene da una valutazione delle loro somme, come fra due serie di vibrazioni a 200 e a 220 al minuto secondo, sappiamo coll'orecchio comprendere e distinguere la più celere, senza essere in caso di numerare le vibrazioni che la compongono.

Fu pure opposto da Lotze che strisciando con una punta nel-

l' area di un solo circolo tattile si sente il movimento della punta sulla cute, il che non dovrebbe essere, se fossero sempre le terminazioni di una medesima fibra nervosa quelle che vengono successivamente eccitate nello striscio.

A questa obbiezione Weber ha risposto in modo, che a nostro avviso non è troppo chiaro, epperò non abbastanza convincente, dicendo: che l' idea del movimento ci deriva dalla inevitabile varietà, colla quale strisciando sulla cute se ne impressionano i diversi punti; che di questo movimento e quindi della sua direzione non abbiamo idea distinta, se non quando premendo sulla cute e stirandola, mettiamo anche in giuoco il senso muscolare. Soggiunge quindi con più convincente esperienza, che ove di tale movimento e quindi della sua direzione avessimo realmente un chiaro concetto, dovremmo distinguere la figura segnata dai margini della sezione di un tubo applicato alla cute; il che non è, quando all'avambraccio si applichi un tubo del diametro di circa un pollice, corrispondente quindi alla estensione approssimativa di un circolo tattile, mentre invece rilevasi assai bene la figura della sezione dello stesso tubo ed anche di altro tubo a diametro assai minore, quando venga applicato alle dita o alla lingua, per la interposizione di molti circoli tattili fra i margini del tubo.

Ad altra più grave obbiezione troviamo argomento nella constatata educabilità del giudizio di località, che Weber attribuisce ad un graduato raffinamento della facoltà rilevatrice delle minori somme di circoli interposti. A questo punto ci dimandiamo se questa facoltà non possa essere in modo più semplice sostituita dalla facoltà objettivante o dalla facoltà di riferimento alla cute, facoltà suscettibile anch'essa di perfezionarsi, com'è perfezionabile quella di rilevare la provenienza di un suono. A questo punto ci dimandiamo ancora, se mai per avventura, l'unica impressione destata dalle due punte, anzichè effetto di un immutabile condizionamento organico, non potesse essere il prodotto di un riferimento imperfetto, ma perfezionabile, pel quale la sede di due vicine eccitazioni verrebbe tanto indistintamente riferita da potersi perfino unificare. Tuttochè spiegato colla teoria dei punti identici, dei quali vedemmo avervi qualche traccia anche per la cute nella citata educabilità tattile di dita omonime, non è però meno identico il fenomeno della visione unica con due occhi, nella quale appunto la doppia eccitazione ci dà la sensazione unica per la coincidenza del riferimento. La incertezza del quale, meglio che la dottrina dei circoli tattili, spiega la percezione che abbiamo dello striscio nell'area di un circolo, e spiega pure, nella tendenza che hanno a localizzarsi nello stesso

punto le due sensazioni, la percezione che molte volte si ha di una pressione lineare, nella eccitazione contemporanea di due punti del medesimo circolo. La educabilità del riferimento tattile, a cui Weber sostituisce un'altra educabilità nel raffinamento della facoltà rilevatrice delle minori somme di circoli interposti, oltre all'essere in armonia colla educabilità del riferimento di altre sensazioni, lo è pure col diverso grado de' suoi effetti nelle diverse parti della cute, ovvio essendo il pensare, che ove il riferimento è già molto per sè raffinato, quivi gli effetti della educabilità debbano essere minori che dove lo è meno. Nè v'hanno, a nostro avviso, argomenti abbastanza attendibili per poter affermare, che dove il raffinamento è maggiore, quivi siano più numerosi i nervi, o che ad un tale condizionamento organico del maggior numero di nervi debbasi il maggiore raffinamento. Non abbiamo argomenti abbastanza attendibili per ciò affermare: 1.° Perchè sebbene l'anatomia, guidata dal criterio teleologico dell'attività tattile, per esempio, delle mani, abbia riscontrati numerosissimi nervi nella loro cute, non meno numerosi li ha e li avrebbe riscontrati in altre parti, nelle quali la indagine anatomica fu condotta o fosse per condursi. Alle guancie infatti, che hanno circoli tattili del diametro di 5 linee, le diramazioni cutanee del 5.° pajo sono in apparenza altrettanto meravigliosamente numerose, quanto lo sono le diramazioni cutanee delle falangi con circoli tattili a diametro di sola mezza linea. 2.° Perchè ove trattasi di una superficie cutanea sensibile in ogni suo punto, non si può, sulla scorta del criterio fisiologico impugnare, che ad ogni punto sensibile corrisponda o sia almeno assai prossimo un conduttore nervoso. 3.° Perchè si osservano tali effetti della educabilità tattile, per la quale il giudizio di località in alcune parti del corpo assai meno sviluppato che nelle dita delle mani, raggiunge quivi un perfezionamento identico a quello che raggiunse in queste ultime, come avviene degli amputati delle mani, che vi sostituiscono l'educato giudizio di località tattile del piede, ove il diametro dei circoli tattili non educati sarebbe di 7 linee in confronto della mezza linea spettante all'apice delle dita delle mani, senza che per questo i nervi del piede siano aumentati di numero rispetto ai nervi delle mani. Riteniamo quindi che indipendentemente dal numero dei nervi, la maggiore finezza del giudizio di località in alcune parti del corpo, quali sarebbero ad esempio le mani, oltrecchè ad una più idonea conformazione della cute e della epidermide (papille) tenga principalmente, all'essere desse piucchè ogni altra parte tattilmente educate, per le più opportune condizioni di estesa e variata mobilità che presentano. Le osservazioni

fatte da Lichtenfels sulla influenza dei narcotici (stricnina, atropina, alcool, morfina) nell'ottundere il giudizio di località e lo stesso ottundimento e il raffinamento che rispettivamente si osservano nell'anestesia e nell'iperestesia, che tengono in genere ad alterazioni centrali, non contrastano punto all'idea di ripetere piuttosto dalla esattezza del riferimento, che dalla estensione dei circoli tattili, la squisitezza del giudizio di località.

Dobbiamo a questo giudizio l'idea che ci facciamo della grandezza e forma degli oggetti, non che della natura di loro superficie e della loro relativa ubicazione.

In tali determinazioni chiamiamo pure in aiuto il senso muscolare, prevalendoci della cognizione in cui veniamo del grado di azione muscolare e della conseguente portata dei movimenti o del conseguente atteggiamento delle diverse parti del nostro corpo per valutare le estensioni, come avviene di vedere quando trascorrendo colla mano dal capo all'altro di una verga, o limitando ad occhi chiusi uno spazio compreso fra il pollice e l'indice flessi a pinzetta, od applicando le mani alle due estremità di altra verga, valutiamo approssimativamente la lunghezza delle verghe nel primo e terzo caso, quella dello spazio compreso fra le due dita nel secondo.

Se due parti egualmente temperate della cute vengono fra di loro a reciproco contatto, si risente il tatto e riesce toccante quella parte, per la quale è più sviluppato il giudizio di località. Sente più il dito che tocca la fronte, di quel che la fronte senta il dito da cui è toccata. L'opposto succede se le due superficie si sfregano con una certa velocità; allora è la fronte che sente più la mano di quel che la mano senta la fronte.

Quando le due superficie cutanee sono diversamente temperate, allora l'una di esse risente la pressione, l'altra il calore. Mettendo la mano sulla fronte, quest'ultima sente il calore non il contatto della mano, mentre la mano sente il contatto della fronte non il freddo di essa.

Il senso muscolare che invochiamo pel giudizio di località, può condurci anche a degli errori. Così, per esempio, se tentasi valutare la periferia di una palla non vista con due verghe, si giudica più grande la palla che tocchiamo con verghe più brevi, in causa del maggior angolo sotto il quale se ne descrive la periferia. Comprimendo una verga contro le due labbra, ci sembra spezzata, se le labbra vengono mosse lateralmente in senso opposto.

È pur nota la illusione del sembrare duplicata una pallottola roteata fra il dito ed il medio accavallati. Questo errore è spiegato da Weber nel seguente modo:

Se noi prendiamo una pallottola fra il pollice e l'indice, ciascuna delle due superficie tattili ha una sensazione separata, che non si confonde con quella dell'altra; ciò malgrado, anche senza vedere, abbiamo l'idea che le due sensazioni sono destate da una palla e non da due, perchè dalla pressione che un dito esercita contro l'altro riconoscendo che lo spazio interdigitale è occupato da un corpo solido, ne deduciamo che due sensazioni di convessità spettanti ad un corpo sono riferibili ad una sfera. Se invece accavalliamo le dita e giriamo fra esse la pallottola, ci sembra che il corpo interposto fra le due dita risulti da due, anzichè da una palla. Questo errore di cui a mala pena ci ricrediamo guardando la palla, dipende da ciò, che il giudizio di località che noi abbiamo imparato ad applicare ai contatti di due dita naturalmente riguardantisi colle loro superficie laterali, non è più riferibile alle due opposte superficie che sono portate a riguardarsi mediante l'accavallamento. Ogni volta quindi che da queste due superficie si esercita un contatto, noi riferiamo alla sensazione il giudizio di oggetti esterni aventi nello spazio una reciproca posizione corrispondente alla naturale posizione delle nostre superficie tattili. Per cui le due sezioni di sfera che noi tocchiamo colle dita accavallate ci sembrano spettare a due sfere diverse, perchè, a posizione normale delle dita, ci risulta impossibile che una sfera possa destare sensazioni corrispondenti da opposte superficie delle medesime.

Sono conosciuti gli errori di giudizio di località in seguito alle operazioni plastiche. Dopo la rinoplastica col lembo frontale, se nell'angolo di questo lembo contengonsi non recise fibre nervose (del ramo sopra-trocleare o frontale del 5.°) si riferisce alla fronte ogni sensazione destata nel lembo trapiantato, il quale è invece dapprincipio insensibile se nell'angolo suddetto non esiste continuazione di nervi. Dopo alcuni mesi comincia a comparire la sensibilità ai margini del lembo trapiantato con giusta localizzazione, perchè attraverso la cicatrice si avanzano sul lembo crescenti rami dell'infra-orbitale.

§ 32. *Senso generale.*

Spettano al senso generale tutte le sensazioni, che non si riferiscono ad oggetti esterni, ma che si percepiscono come stato peculiare del nostro organismo.

Le cause di queste sensazioni possono essere interne od esterne. Sono interne tutte le cause che, o agiscono nell'organismo su nervi sensitivi determinando sensazioni subjettive di luce, di suono, ecc.,

ovvero che inducono sensazioni peculiari e proprie di alcune parti del medesimo, come, ad esempio, il senso di fame, di sete, di stanchezza. Sono esterne le cause che agiscono dall'esterno sull'organismo, determinando nel medesimo, sia direttamente che indirettamente, una sensazione non riferibile all'esterno. La sensazione luminosa che si desta per pressione del bulbo, l'ingrato senso di formicolio che sorge nell'avambraccio per pressione del nervo cubitale, potrebbero essere esempii di senso generale direttamente eccitato da causa esterna, mentre invece il senso di nausea per un odore o un sapore cattivo è una sensazione generale indiretta per causa esterna, che può però anche per la stessa via derivare da causa interna e quindi da un' altra sensazione generale, quando il cattivo odore o sapore sia affatto subjettivo nella sua causa.

Il prototipo delle sensazioni generali è il *dolore*, che può tanto derivare da causa interna che esterna, per eccitazione di nervi tattili od altri nervi sensitivi (del sistema gangliare) esclusi gli specifici, per i quali non è dimostrata l'addolorabilità.

Oltre al dolore spettano alle principali sensazioni generali: il *senso muscolare*, la *fame* e la *sete*, la *nausea*, il *prurito*, il *solletico*, il *panico*, la *voluttà*, il *senso del bisogno di respirare*, di *mingere*, di *defecare*, ecc.

Dal detto risulta, che alcune sensazioni generali riproducono la qualità delle sensazioni objettivabili (senso di peso, di luce, di calore, ecc.); altre invece, quali affatto diverse da queste, non sono suscettibili di comparazione.

Di tutte le sensazioni generali però, tuttochè percepite come tali, riconosciamo normalmente la derivazione esterna od interna. Venendo ora ad una particolareggiata considerazione delle principali sensazioni generali:

Il *dolore*, d'ordinario più intenso quando deriva da nervi tattili, anzichè da gangliari, è una sensazione nuova, non equiparabile colle sensazioni generalmente indotte dai nervi corrispondenti, epperò non può essere considerato come una sensazione normale esagerata, ma piuttosto come effetto di esagerato eccitamento. Tuffando la mano nell'acqua bollente o prendendo in mano dell'acido carbonico solido, non abbiamo sensazioni esagerate e diverse di caldo e di freddo, ma abbiamo un'unica ed identica sensazione di dolore.

Caratteri distintivi del dolore sono: 1.° La sua eccezionalità od esclusione dalle sensazioni abituali, per cui facilmente lo rileviamo anche se ridotto al grado di una semplice sensazione molesta, quale avviene di vedere specialmente in quelli organi, che normalmente

non ci procurano sensazioni. 2.° La sua imperfetta localizzabilità, forse devoluta al suo irradiarsi tanto più facile, quanto più intenso il dolore primitivo. 3.° La sua frequente incompatibilità cogli effetti della eccitazione normale; lievi cause termiche o tattili non destano effetti corrispondenti, ma dolore nelle parti nevralgiche. 4.° La sua refrattarietà alla reminiscenza, per la quale siamo incapaci di riprodurre virtualmente il dolore e in genere le sensazioni generali, come lo siamo invece di virtualmente riprodurre le percezioni normali objettive dell'udito e della vista.

Il dolore è sempre un patema, epperò vengono ad essere poco importanti le distinzioni che si fecero di esso, in dolore pungente, lacerante, gravativo, ecc., molto più che tali distinzioni svaniscono in presenza di un dolore assai forte.

È dimostrato che il dolore destato dai nervi tattili è sempre periferico, tuttochè la causa che lo determina non lo sia sempre. Una ferita, una scottatura alla faccia vi desta il dolore, che può però anche insorgervi, ad esempio, per pressione del nervo infraorbitale nel canale omonimo od anche nel cranio. È lo stesso processo di localizzazione per cui riferiamo alla mano la pressione esercitata sul nervo ulnare o all'arto amputato l'eccitazione del moncone nervoso. In termini generali si può affermare che i dolori da causa periferica sono continui rispetto ai dolori da causa centrale, che possono essere più facilmente remittenti.

Volendo ammettere e ritenere che siano gli stessi nervi quelli che destano le impressioni tattili e le dolorifere, bisogna pure ammettere, che tali nervi debbano i due effetti che producono alla diversa maniera con cui sono eccitati e che siano capaci di perdere la loro eccitabilità dolorifera e di mantenere la tattile. Questa induzione è autorizzata e dirò anzi reclamata dal fatto, che nella narcosi da etere o cloroformio va perduta l'addolorabilità e resta la sensibilità tattile, che invade anzi il campo dell'addolorabilità, in quanto che l'anestesiato risente sotto la forma di sensazione tattile la percossa od il taglio, che avrebbero data altrimenti una sensazione dolorosa.

In alcuni avvelenamenti saturnini cronici e in alcune paralisi cerebrali si osserva qualche cosa di analogo in ciò, che più o meno estese lesioni della cute sono perfettamente insensibili agli eccitanti più energici, mentre vengono risentite le minime eccitazioni tattili o termiche.

Le temperature destano, secondo Weber, il dolore cutaneo a + 39° e a 0° R., quando agiscano su delle superficie abbastanza estese. La estensione della superficie ha in proposito molta in-

fluenza, avendo Weber dimostrato che un dito non dà dolore se lo s' immerge e lo si tiene immerso nell'acqua a + 39°R., mentre invece se nella stessa acqua s'immerga tutta la mano, si risente tosto il dolore. Anche lo spessore dell'epidermide influisce per modo da risentirsi più presto il dolore dove l'epidermide è più sottile, come al dorso della mano più presto che al palmo; alle dita della mano sinistra più presto che a quelle della destra; alla lingua più presto che alle dita (Weber).

Il tempo di apparizione del dolore termico è tanto più breve, quanto è maggiore l' eccitante termico positivo o negativo. Se si tuffa la mano nell'acqua a + 40° R., si ha dapprima una sensazione di caldo, più tardi susseguita dal dolore, che appare dopo pochi secondi se l'acqua fosse a 50° R., immediatamente e contemporaneamente all'immersione se a 70° R.

Il dolore termico, raggiunto che abbia, a persistente eccitamento, un certo massimo, diminuisce per depressione della sensibilità nervosa. A ciò devesi che una superficie cutanea già esposta a considerevole calore dolorifero, diventa dolorificamente insensibile a temperature minori.

Anche la corrente elettrica applicata alle superficie tattili desta dolore, specialmente se interrotta. Questo dolore non è paragonabile nella sua forza a quello della contrazione muscolare che si ottiene con una stessa corrente. Aumentando però la intensità di quest'ultima, cresce pure quella del dolore e la sua diffusione per modo che dalle dita si estende a tutto il braccio, risentendosi principalmente in corrispondenza delle articolazioni.

Quanto al dolore meccanico, non è determinato il grado di pressione necessario per indurlo, tuttochè sappiasi come, ad epidermide lesa o a tumescenza infiammatoria della cute riescano assai dolorose delle pressioni relativamente assai deboli. È pur noto come una pressione persistente su nervi superficiali, determini la paresi dell'arto, che si fa inerte ed insensibile al tatto, mentre si ha nel medesimo una diffusa sensazione di formicolio.

Il *senso muscolare* non è definibile. Dovrebbe avere per effetto la coscienza dello stato di attività o di riposo dei nostri muscoli, ma nè sempre abbiamo questa coscienza, nè alcune sensazioni riferite ai muscoli si accompagnano alla coscienza dell'attività o del riposo dei medesimi.

I muscoli sono relativamente insensibili. Scoperti che siano, si possono ledere senza dolore. Questo fatto autorizzò la credenza che i muscoli non abbiano fibre sensitive, e che alcune delle sensazioni attribuite alla sensibilità dei muscoli fossero invece derivabili dalla

cute sovrapposta ai medesimi. L'opinione di Kölliker, che fibre sensitive diraminsi di preferenza alla periferia dei muscoli (§ 27 I), tuttochè desiderosa di più attendibile dimostrazione, specialmente al cospetto della loro insensibilità tattile e dolorifica, favorì la dottrina della esistenza di un senso muscolare.

Principale effetto di questo senso sarebbe la coscienza, che per esso ci deriverebbe, dello stato di riposo o di contrazione dei nostri muscoli. Questa conoscenza però è tanto relativa, che gli stessi fautori del senso muscolare vi trovano qualche cosa che lo distingue dalla sensibilità generale e lo avvicina invece alla sensibilità specifica.

Trovano, cioè, che noi non riferiamo questo senso ad uno stato o condizione del nostro corpo, ma lo riferiamo all'esterno di noi, come avverrebbe levando un peso, che non riferiamo la sensazione all'attività del deltoide e degli altri muscoli, sibbene al peso del corpo elevato; e come pure avverrebbe nella determinazione di un corpo colla mano, che non riferiamo al nostro corpo il senso muscolare emergente dai movimenti della mano, ma lo riferiamo invece alle dimensioni, consistenza, ecc. del corpo esaminato.

E notisi a questo proposito, che mentre il senso muscolare mostra di condividere una proprietà dei sensi superiori (visivo ed acustico) il senso tattile alla sua volta, per una proprietà opposta (quella cioè di riferire piuttosto alla cute che all'oggetto esterno le impressioni tattili) avvicinasi ad assumere il carattere della sensazione generale.

Malgrado queste ed altre attendibili opposizioni che si possono muovere alla esistenza di un senso muscolare e malgrado principalmente la insensibilità relativa dei muscoli, noi l'ammettiamo, prima di tutto perchè abbiamo fenomeni, specialmente visivi, ascrivibili al senso muscolare, che escludono la concorrenza del senso tattile; in secondo luogo perchè i muscoli potrebbero avere fibre sensitive loro proprie, che non fossero suscettibili di destare nè il senso tattile, nè il dolore, ma soltanto il senso muscolare. Dobbiamo anzi avvertire a questo proposito, che una derivazione del senso muscolare dal tattile non è dicevole alle condizioni che determinano la insorgenza di quest'ultimo senso. Sappiamo infatti che il senso tattile esige una stimolazione delle fibre alla loro terminazione non sul decorso, epperò una stimolazione alla superficie epidermica del derma. Volendo ora riferire ai nervi tattili della cute la sensazione che proviamo contraendo modicamente i muscoli di un arto, o a quelli della congiuntiva il senso derivante dalla contrazione dei muscoli dell'occhio nella convergenza degli

assi ottici, bisogna ammettere che questi nervi siano stimolati sul decorso del loro passaggio dai muscoli alla cute. Ma noi sappiamo che la sensazione approssimativamente localizzata nella cute e derivante dalla eccitazione sul loro decorso di nervi che contengono fibre cutanee (pressione sull' ulnare) è ben diversa (formicolio e dolore) da quella che ci procura la contrazione del muscolo. Tutt'al più potrebbe per questa via riferirsi ai nervi cutanei il dolore da contrazione eccessiva, benchè però questo dolore, che finisce nel senso di stanchezza muscolare, sia molto diverso dal dolore derivante da una eccitazione dei nervi sensitivi della cute. Ha però di comune con questo, di non essere riferibile, come il senso muscolare, ad un oggetto esterno, ma di essere rilevato come stato o condizione subjettiva del nostro organismo, quale avviene di vedere con frequenza nelle malattie, senza che vi abbiano contrazioni eccessive anche in modo solamente relativo.

Al senso procuratoci dai muscoli dello scheletro dobbiamo la conoscenza della reciproca posizione delle nostre membra, sia che noi stessi le muoviamo, sia che ci vengano passivamente atteggiate. Ad ogni posizione del nostro corpo corrisponde quindi per contrazione o tensione di muscoli un determinato e sommario senso muscolare, da cui riconosciamo la natura di tutti i nostri atteggiamenti e specialmente di quelli che si riferiscono alla stazione, all'incesso ed all'equilibrio del corpo.

Mancando la giusta cognizione emergente dal senso muscolare della stabilità di posizione del nostro corpo, insorgono i fenomeni della *vertigine*, quale di frequente osservasi all' invadere di malattie, o nel decorso di affezioni specialmente cerebrali, o quando per debolezza di muscoli in convalescenza o in lunga degenza non possiamo coordinare i nostri movimenti.

Forse ad ineguale irrorazione sanguigna degli organi cerebrali simmetrici, da diminuita elasticità delle arterie o da insorgenza di forze centrifughe, devesi la vertigine che nasce negli adulti per rapidi movimenti della testa, del collo e del tronco, e quella che pure ha luogo, più facilmente negli adulti, roteando rapidamente ad occhi chiusi intorno all'asse del proprio corpo.

Abbiamo adunque nella vertigine una specifica alterazione del senso muscolare, per la quale, essendo noi insufficientemente o falsamente informati dello stato di quiete, o di moto, o della qualità e portata dei movimenti del nostro corpo, non solo falsiamo il concetto di essi, ma anche dello spazio, nel quale riflettiamo in certa guisa noi stessi, giudicandovi in moto degli oggetti fissi. È ciò che appunto si verifica nella rotazione del corpo, in seguito alla

quale aprendo gli occhi, ci sembra che l'ambiente rotei al dintorno di noi in direzione opposta a quella della rotazione del corpo e in un piano orizzontale quando la testa è tenuta diritta (Purkinje). Illusione consimile si verifica pel senso tattile, sembrandoci al sedere, che il sedile precipiti dal lato in cui ebbe luogo la rotazione. Indipendentemente da ogni movimento possono aver luogo sensazioni vertiginose di questo genere in alcune malattie cerebrali.

Se non che, indipendentemente ancora dal movimento del nostro corpo, la vertigine può derivare da inesperto objettivamento d'inusitato senso muscolare, per novità, fugacia od insistenza d'impressioni. Un senso di vertiginosa trazione alla voragine invade il non uso a contemplarla dall'alto, come la contemplazione dal basso induce un senso di vertiginosa ascensione; un lieve smarrimento, che può giungere fino alla vertigine, induce la vista del trascorrente convoglio, e per una vertiginosa illusione crediamo muoverci indietro sul ponte del fiume, dopo lunga e fissa contemplazione dell'acqua nella direzione della corrente.

Si attribuisce ai muscoli dello scheletro il senso di *ben' essere* o di leggerezza del corpo e delle membra, che ha il suo opposto nel senso di *pesantezza*, osservabile tanto nei sani, quanto negli ammalati. Affine a questo è il senso di *stanchezza*, che può giungere allo *spossamento* conseguente ad esagerato lavoro muscolare o concomitante l'invasione di gravi malattie febbrili. È pur riferibile al senso dei muscoli dello scheletro il dolore dei crampi tonici.

Anche ai muscoli organici si attribuisce la facoltà di ridestare dei sensi muscolari speciali, ai quali con più o meno ragione si riferiscono: molta parte delle sensazioni di fame e di sazietà; il senso di nausea, quello del bisogno di defecare e di mingere; il senso di voluttà; il senso di dolore che accompagna le contrazioni dell' utero; il senso di sonnolenza dall' elevatore delle palpebre e dai muscoli del bulbo; la sensazione che precede lo sbadiglio, dai muscoli del pavimento della bocca; l'emicrania frontale dalla muscolatura della fronte e dell' occhio; il senso del bisogno di respirare, che sostituirebbe il senso di stanchezza nei muscoli respiratorii; il senso di orripilazione (febbre, freddo, eccitamenti meccanici) da contrazione dei muscoli organici della cute; il senso di pulsazione cardiaca, per eccitamento psichico o per malattia.

SENSO DEL GUSTO.

§ 33. *Cognizioni generali.*

Per mezzo del gusto rileviamo la sapidità dei corpi, la quale però non è in alcuna attinenza colle altre proprietà dei medesimi, stantechè dei corpi fisicamente e chimicamente diversi possono darci lo stesso sapore, come avviene specialmente di vedere nella categoria degli amari. Nulla quindi sappiamo di eventuali proprietà dei corpi sapidi come tali, e di loro differenziamento da corpi non sapidi.

Si distinguono diverse qualità di sensazioni sapide, le quali non sono paragonabili fra loro, come non lo sono le sensazioni del violetto e del giallo; nè possiamo riferirle, insieme ai colori, a proprietà fisiche o chimiche dei corpi eccitanti, che possono agire diversamente sull'organo gustatorio, tuttochè abbiano una costituzione chimica identica, come avviene, per esempio, dello zuccaro rispetto all'amido.

Si ammettono come sensazioni sapide: il *salato* od *alcalino*, l'*acido*, il *dolce*, e l'*amaro*.

Di tutte queste sensazioni possiamo farci una rappresentazione subjettiva, ma objettivamente non si lasciano caratterizzare, se non col nome delle sostanze capaci di più o meno vivamente destarle, per modo da derivare il dolce dallo zuccaro, l'amaro dal chinino, ecc.

Il gusto non ha un atrio di sensazione così esteso, come il tatto ed il senso generale. È limitato alla cavità della bocca (e delle fauci ?) ma si agita ancora il problema della sua estensione in questa cavità, come tutt'ora si agita il problema, per noi ventilato ai §§ 19, 21 III, della innervazione gustatoria.

Quando le relative sensazioni confondevansi colle tattili, prevaleva naturalmente la tendenza di estendere il territorio di gustazione, che andò sempre più limitandosi, mano mano che dalle vere sensazioni gustatorie si distinsero quelle che sono di spettanza del senso generale, o del tatto, o di esso combinato al senso olfattorio. Difatti, alcune sensazioni, chiamate impropriamente sapide, sono riferibili alle tattili, come il pungente e l'acre; altre sono riferibili alle termiche, come il sapore urente della senape, il perfrigerante della menta; altre sono di prevalente spettanza delle olfat-

torie, come avviene delle sostanze aromatiche, molte delle quali (vaniglia, aglio) non danno all' assaggio sensazione gustatoria se si chiudono le narici. Pare anzi possa anche succedere l' opposto inganno, di scambiare cioè una sensazione sapida con una odorosa, come avverrebbe dei vapori di cloroformio, i quali, secondo Stich, crediamo di odorare inspirandoli per le narici, mentre invece non sarebbero altro che sapidi.

§ 34. *Organo del gusto.*

Prima che dalle sensazioni gustatorie si differenziassero le tattili, l'atrio di gustazione estendevasi al punto, da comprendere non solo la bocca, la lingua, le fauci: ma anche la faringe, la trachea e perfino i denti. Differenziate le due maniere di sensazione, limitaronsi le gustatorie, secondo alcuni, alla base della lingua; secondo altri (Valentin) a tutta la lingua, non esclusa la superficie inferiore, alle arcate palatine, alle tonsille, ai paraggi della epiglottide e alla parete della faringe prospettante la base della lingua; secondo altri finalmente alla base della lingua, ai margini laterali di questa base e alla parte mediana della sua metà anteriore.

Parebbe assai semplice rispondere a queste incertezze colla prova diretta, la quale però non fa che riconfermarle, poichè dai diversi individui sui quali si sperimenta coll' applicazione di sostanze sapide in diverse parti della bocca e della lingua, si hanno indicazioni tanto svariate sulla presenza o meno, e sulla qualità della sensazione gustatoria, da essersi perfino opinato, che il territorio di gustazione avesse una estensione diversa non solo nei diversi animali, ma anche nei diversi individui della medesima specie. Per mia parte, sperimentando su me stesso, sono arrivato alla convinzione che da nessuna parte della bocca e della lingua si ha una distinta sensazione gustatoria in seguito alla semplice applicazione od anche al lieve soffregamento della sostanza sapida ad una circoscritta regione di queste parti. Si suol dire, che l'applicazione di una sostanza sapida, per esempio, dello zuccaro, non desta il sapore, se non quando lo zuccaro si è diffuso alla base della lingua, dove anzi verrebbe anche riferita la sensazione. Provo su me stesso che l' applicazione dello zuccaro alla punta della lingua vi desta una sensazione indistinta, che non solo non posso giudicar dolce, ma nemmeno posso riferire alla gustatoria, quantochè analoga la ottengo da un acido molto allungato od anche dal semplice e lievissimo titillamento della punta con un corpo non sapido; meno ancora mi è distinta la sensa-

zione se porto direttamente lo zuccaro alla base della lingua e meno ancora se al palato molle o duro; non trascurando in ogni caso di lievemente soffregare il corpo eccitante alla parte eccitata. Una sensazione accertabile per dolce io non la ottengo se non iniziando il movimento di deglutizione e portando quindi la base della lingua contro l'istmo delle fauci, quasichè il senso sapido fosse la risultante di sensazioni destate da diverse fibre nervose. Trovo che a risultanze analoghe è giunto il Guenther, che ha sperimentato sovra moltissimi individui, per cui non posso ammettere che come assai relativa l'attendibilità delle sperienze di Camerer, il quale applicando un tubo contenente del sale soluto nella proporzione di $^1/_{410}$ e tanto esile da comprendere una sola papilla linguale, avrebbe ottenuto una giusta indicazione del sapore in 51 casi sopra 100, e in 84 casi sopra 100 con un tubo più ampio, che avesse valso a comprendere quattro papille linguali.

La varietà delle risultanze relative alla estensione del territorio di gustazione nell'uomo, lascia facilmente comprendere la difficoltà di sciogliere definitivamente il problema, già da lungo tempo agitato, sulla innervazione gustatoria, mediante sperienze in animali, che, dell'abolizione o persistenza del gusto in seguito alla recisione dell'uno o dell'altro nervo, danno, nella indifferenza od avversione per sostanza normalmente rejetta, segni objettivi molto incerti, rispetto all'affermazione mediante l'eloquio. La incertezza tiene principalmente alla circostanza, che l'avversione a sostanze disgustose, potrebbe essere l'effetto del loro riconoscimento per opera di altri sensi che non siano il gusto e specialmente per opera dell'olfatto e del tatto linguale, che da tali sostanze potrebbe ricevere ingrate impressioni di bruciore, di causticità, di astringenza e così via. Gli è perciò, che astraendo dall'ipoglosso, il quale si considera generalmente come nervo puramente motore della lingua, si mantengono sempre commendevoli le sperienze di Panizza, destinate a stabilire, se anche il 5.° pajo, vuoi colle sue fibre originarie o con quelle che derivano al suo ramo linguale dalla corda del timpano, condivida col 9.° le proprietà gustatorie. Panizza trovò che la coloquintide disciolta nel latte, dalla quale normalmente i cani rifuggono per la sua amarezza, viene da essi lambita con indifferenza se siano paralizzati del 9.° mediante la sua recisione, mentre invece l'avversano, se lo siano del linguale del 5.° Di qui la conclusione di Panizza che il 9.° sia il nervo esclusivamente gustatorio, conclusione che tanto più attendibile sarebbe, quanto più per il punto di sua recisione fossero state escluse le sue anastomosi col 5.° Malgrado questi risultati, molti e distinti fisiologi sostengono

la compartecipazione gustatoria del 5.° il quale (come anche lo dimostrerebbe la frequenza con cui il dolce è meglio e più presto rilevato dalla punta che dalla base della lingua umana) sarebbe di preferenza chiamato al rilievo di quest' ultimo sapore. Ed a proposito di una generica compartecipazione gustatoria del 5.° sorse l'altra questione, se siano proprio delle fibre originarie di questo nervo, o fibre derivanti al suo ramo linguale dalla corda del timpano, quelle che agiscono in questo senso. Lussana deriva questa azione dalla corda del timpano, opinando in accordo con altri, che all'apice della lingua vada perduto il gusto e non il tatto se si taglia la corda del timpano prima della sua immersione nel linguale. Stich e Neumann confermano per altra via questa opinione, dicendo che il gusto non si altera sensibilmente all' apice della lingua, se si taglia il linguale al disopra della sua unione colla corda del timpano. Schiff riconosce pure alla corda del timpano un'azione gustatoria, che deriva però anche da fibre proprie del 5.° (§ 19 III) opinando, che il gusto non vada spento intieramente in seguito alla sezione dei due glosso-faringei e delle due corde, che s'indebolisca nella parte anteriore della lingua per sezione dei due linguali al disopra dell'immersione delle corde. Lussana ha pur prodotto in favore della sua credenza, casi patologici di alterazione del gusto per lesione della corda nell'uomo, ma quando pensiamo alle opposte opinioni, che dalla interpretazione dei casi patologici insorsero sulla principale questione relativa alla esclusività gustatoria del glosso-faringeo, ci sentiamo poco inclinati a debitamente valutarla in una secondaria questione di dettaglio. Romberg infatti, del quale non è disputabile l' autorità, fu tratto dalla interpretazione dei casi patologici a negare la prevalenza gustatoria del glosso-faringeo, mentre altri, che nelle paralisi totali di questo nervo o del trigemino, vorrebbero avere osservata rispettivamente l'abolizione o la persistenza completa del gusto, convengono nelle conclusioni di Panizza, le cui sperienze, comunque volga il problema, sono quelle che nel campo di esso, di prevalenza oggigiorno ancora rifulgono.

La cognizione anatomica che il glosso-faringeo si distribuisce di prevalenza alla base della lingua e il ramo linguale del 5.° all'apice di essa, cognizione anatomica in molta parte confermata col metodo di Waller della degenerazione delle fibre spettanti ad un nervo reciso, non concorre alla soluzione del problema relativo alla innervazione gustatoria, prima di tutto per le incertezze che regnano sulla estensione del territorio di gustazione, in secondo luogo perchè la prevalente ubicazione periferica dei due nervi non esclude che fibre del glosso-faringeo possano giungere alla punta della

lingua, e che alla base di essa possano disperdersi fibre del trigemino; nè per quanto attendibile e commendevole il metodo di Waller, possiamo arrenderci al pensiero della possibilità di riscontrare col suo mezzo, se proprio tutte le fibre della punta o della base siano degenerate in seguito alla recisione del linguale o del glosso-faringeo.

La stessa ricerca di un organo gustatorio, il quale come la retina rispetto al nervo ottico, valesse a designare il nervo esclusivamente o prevalentemente chiamato alla gustazione, non ebbe fino ad ora risultati applicabili al quesito della innervazione gustatoria, quantochè nella distribuzione di ambedue i nervi sensitivi della lingua, nulla di peculiare si è fino ad ora (negli animali superiori almeno) riscontrato, che possa anche lontanamente paragonarsi alla periferica conformazione organica dei nervi ottico ed acustico.

Delle tre specie di papille (*filiformi, fungiformi, circonvallate*) sappiamo come le prime sieno incomparabilmente più numerose e in vasta estensione disseminate in tutta la superficie superiore della lingua, per modo da impartirle, quando sono assai sviluppate, un aspetto vellutato. Queste papille, sormontate assai volte da papille secondarie, ricevono la decomposizione capillare di un' arteria, ma sembrano mancare di rimarchevoli rapporti coi nervi, dei quali vedonsi fibre isolate mettere qualche volta alla loro base in vescicole terminali, che riscontrai specialmente nella lingua del vitello. Del resto queste papille, per lo spessore del loro epitelio, che di prevalenza le forma e pel quale nella lingua pattinosa dell'uomo e più ancora nella ruvida del gatto, acquistano il carattere di papille cornee, sembrano essere, appunto per questa loro natura, chiamate piuttosto al disimpegno di azioni tattili che gustatorie. Restano quindi le assai meno numerose papille fungi o claviformi, disperse fra le prime, specialmente alla punta della lingua, a' suoi margini laterali ed osservabili anche più o meno sviluppate e disposte in una o più serie longitudinali fiancheggianti la linea mediana della superficie inferiore.

Queste papille, che risaltano per il loro colore rossigno, constano di tessuto unitivo-elastico proprio della periglosside, il quale tessuto, dopo essersi ingrossato nel rigonfiamento claviforme della papilla, si eleva a formare su di esso un vario numero di minori papille coniche.

Il tutto è rivestito da un ordinario epitelio pavimentoso, con profonde cellule alquanto allungate senza elementi cornei e senza cornee appendici filiformi, quali si osservano nelle precedenti papille. Le arterie ascendono pel gambo al rigonfiamento delle papille fungi-

formi, si decompongono quivi in una rete capillare, che spinge le sue anse nelle papille secondarie, ritornando poi per una o più vene alla periglosside. Accedono pure ad ogni papilla uno o due ramoscelli nervosi, che in grembo alla medesima si decompongono a pennello, anastomizzandosi quindi e dando origine a dei filamenti, che si dirigono alle papille secondarie, ove, fino a questi ultimi tempi, si credette sembrassero avere una terminazione ad ansa o ad estremità libera. Le papille circonvallate, che in numero di sei a dodici sono disposte in due serie divergenti dal foro cieco all'avanti, non differiscono essenzialmente nella loro struttura dalle papille fungiformi se non in ciò, che abbondano maggiormente di nervi, i quali colla stessa abbondanza si distribuiscono coi vasi in una specie di papilla circolare, che a guisa di vallo, e sormontata pur essa da papille secondarie, circonda la papilla centrale e che manca invece nelle papille fungiformi, le quali sono del resto perfettamente paragonabili alla papilla centrale delle circonvallate.

Remak ed altri trovarono nella periglosside e lungo le diramazioni terminali del glosso-faringeo alle papille circonvallate, non che pure lungo le diramazioni terminali del linguale alla punta della lingua, dei ganglii microscopici, i quali però, siccome quelli che in molte altre parti si osservano e specialmente nei plessi terminali del sistema gangliare, non solo non si lasciano organologicamente coordinare all'azione gustativa per modo da poter essere considerati come speciali apparati gangliari sensorii identici a quelli della retina o della coclea, ma non lasciano nemmeno la certezza di appartenere all'uno o all'altro dei due nervi menzionati, potendo darsi benissimo che spettassero piuttosto a fibre gangliari decorrenti coi rami terminali dei medesimi.

Più attendibili, se confermate, e meglio applicabili all'anzidetto coordinamento organologico, sarebbero le risultanze delle ricerche fatte, sotto la direzione di Schultze, sulla lingua della rana da Ascel Key, il quale vi avrebbe riscontrata una struttura molto simile a quella che il suo maestro aveva antecedentemente designata come spettante alla mucosa della regione olfattoria negli animali superiori. A. Key avrebbe trovato che sull'altipiano delle papille ranine l'epitelio cilindrico differisce da quello di tutto il resto della bocca per mancanza di cilia vibratili, per coloramento giallognolo e maggiore opacità dei proprii elementi. Questi elementi manderebbero verso la sottoposta mucosa dei prolungamenti rameggianti, le cui diramazioni anastomizzandosi fra loro formerebbero una rete. Tra questi elementi poi e precisamente a livello della emanazione dei loro prolungamenti inferiori, ve ne avrebbero altri fusiformi, lu-

centi, nucleati, che manderebbero un prolungamento superiore lungheggiante il corpo dei precedenti, ed uno più esile inferiore e varicoso, che penetrando nella mucosa si terrebbe in continuazione con una fibra nervosa, la quale, invertendo il decorso, avrebbe la propria terminazione in una specie di cellula nervosa interposta agli elementi epitelici della papilla. L'identità di questa struttura con quella indicata da Schultze per la mucosa olfattoria, a riguardo della quale non ho potuto confermare più in là della disposizione reticolata dei prolungamenti epiteliali, quale anzi descrissi fino dal 1858, lascia, sulla indipendenza dei risultati di Key, un qualche ragionevole dubbio, che sarebbe desiderabile fosse eliminato da altre ricerche, dirette anche allo scopo di vedere se, contro ogni aspettativa, derivante dalla uniformità del loro epitelio linguale, qualche cosa di analogo si verifichi per gli animali superiori e per l'uomo.

Emerge dal detto, che come per il tatto, così anche per il gusto, non si conosce fino ad ora una disposizione organologica, la quale, a guisa di quella della retina e della coclea, possa essere interpretata come favorevole intermediaria fra l'eccitante e l'eccitando. Solo possiamo dire, che come più squisito riscontrasi il tatto in quelle parti, nelle quali sono più numerose, più elevate e più ricche di nervi le papille, così la mancanza di uno strato corneo dell'epitelio, la prominenza e la delicatezza del tessuto papillare e l'abbondanza de' suoi nervi, lasciano credere che le papille fungiformi e le circonvallate sieno le prevalenti ricettatrici delle impressioni gustatorie, le quali, senza escludere la impressionabilità delle altre parti, sembrano essere ad ogni modo più vivide laddove abbondano le papille, la cui eccitabilità gustatoria risulterebbe anche dalla circostanza, che molti individui risentono il dolce tostochè colla punta di un pennello intriso in una soluzione concentrata di zuccaro, sia tocca una sola papilla fungiforme della punta.

§ 35. *Sensazioni gustatorie.*

Dicemmo considerarsi come gustatorie le sensazioni di *salato* od *alcalino*, di *acido*, di *dolce*, di *amaro :* riferirsi invece alle tattili molte altre sensazioni, le quali, come l'*urente*, il *piccante*, l'*astringente*, ecc., si possono ridestare da altre provincie tattili, che non siano la cavità della bocca.

Malgrado questa distinzione dobbiamo dire, non essere fino ad ora dimostrato, che la modalità della eccitazione gustatoria sia essenzialmente diversa dalla tattile.

Sappiamo che quest'ultima eccitazione, trasmessa dall'epidermide, non esige che la sostanza eccitante la trapassi per giungere vicina o contigua ai nervi eccitandi; sappiamo anzi che ogni eccitazione così condizionata dei nervi tattili, invece di una corrispondente sensazione tattile induce il dolore. Sappiamo pure che è una condizione favorevole allo sviluppo della sensazione gustatoria la soluzione o la solubilità della sostanza sapida, il che parebbe tendere a provare, che la modalità di eccitazione gustatoria fosse diversa dalla tattile nel senso, che assai probabilmente nella prima di esse la sostanza eccitante deve attraversare l'epitelio per giungere vicina o contigua ai nervi eccitandi. Questa illazione però non ha un valore assoluto, poichè l'esperienza, se non accerta, convince, che la sensazione gustatoria consegue tanto presto alla eccitazione, da non potersi ammettere che in quel brevissimo intervallo di tempo possa essersi compiuto il passaggio fino ai nervi della sostanza sapida. Ciò è tanto vero, che si sentì il bisogno di trovare delle terminazioni nervose alla superficie libera dell'epitelio. Non sarebbe possibile invece che la eccitazione sapida avvenisse, anzichè per contiguità diretta col nervo, per trasmissione di movimenti determinati dalla iniziata diffusione dell'agente sapido? Ciò essendo, la modalità della eccitazione gustatoria si avvicinerebbe a quella della tattile, convalidando in certa guisa l'opinione di quelli, che vista la eccitabilità tattile del 9.° e la sua prevalente rassomiglianza anatomo-fisiologica coi nervi tattili, anzichè cogli specifici nervi ottico ed olfattorio, considerano il gusto come una peculiare modificazione del tatto.

V' è anche a considerare, non essere accertato che una sostanza per essere sapida debba essere disciolta e che non possa invece eccitare sapidamente come gli agenti tattili, essendochè vediamo sostanze, le quali, come il chinino in polvere, sono molto sapide, tuttochè poco solubili negli umori della bocca, mentre vi hanno d'altra parte sostanze insipide tuttochè solubilissime. E nemmeno è accertato se le sostanze che danno la sensazione dell' urente, del piccante, dell'astringente, ecc., agiscano per trasmissione indiretta a guisa degli agenti tattili, ovvero per imbibizione, come ritiensi avvenga di prevalenza per gli agenti sapidi.

La intensità delle sensazioni gustatorie tiene principalmente alle seguenti condizioni:

1.° Estensione della superficie senziente, col crescere della quale e col crescere quindi del numero dei nervi eccitati, la intensità aumenta.

2.° Durata della eccitazione, col prolungarsi della quale aumenta generalmente la intensità.

3.° Sfregamento della sostanza sapida all' organo senziente, che favorisce la intensità di sensazione, come avviene di vedere nei nostri movimenti di assaggio.

4.° Concentrazione dell' agente sapido, il quale perde della sua attività raggiunto che abbia un certo grado di diluzione, che è molto vario per le diverse sostanze sapide. In ordine alla loro diluibilità senza perdita della sapidità, Valentin enumera l' acido solforico, il chinino, l'estratto d'aloe, il sal comune e lo zuccaro, affermando in termini generali che i sapori più diluibili sono gli acidi e gli amari, i meno diluibili i salsi e i dolci. Camer ha trovato, che a costante quantità di 30 CC. di una deglutita soluzione, il chinino è ancor sapido in 32 casi sopra 100 quando è contenuto nella quantità di 0,029 milligrammi in soluzione diluita a $^1/_{103400}$, mentre invece è sapido 89 volte sopra 100 quando è in quantità di 0,089 milligrammi ad una diluzione di $^1/_{94000}$. Il cloruro sodico invece è sapido 9 volte su cento in quantità di 4,8 milligr. a diluzione di $^1/_{6250}$; diventa sapido 86 volte su 100 in quantità di 19,1 milligrammi a diluzione di $^1/_{1562}$, ed è sapido sempre, quando sia in quantità di 28,6 milligr. a diluzione di $^1/_{1049}$. Il che è quanto dire, che per ottenere dal chinino lo stesso numero di apprezzamenti sapidi che si hanno dal cloruro di sodio, può essere il primo diluito 211 volte di più del secondo. Non è molto sviluppata la facoltà che abbiamo di distinguere dalla intensità della sensazione sapida il grado relativo di concentrazione. Le ricerche fatte a questo proposito da Keppler, lo hanno condotto al risultato, che delle differenze di concentrazione eguali:

a	2,5 %	vengono	rilevate	53,4	volte	%
»	5	»	»	62,2	»	»
»	7,5	»	»	73,2	»	»
»	10	»	»	80,8	»	»

Questa facoltà, che sta molto al disotto di quella che abbiamo di distinguere i colori ed i toni, cresce col concentrarsi della soluzione, ma diminuisce ancora col soverchio concentrarsi della medesima, e sembra essere in genere maggiore per le soluzioni saline, di quello che per le acide, le dolci e meglio ancora le amare, che sono le meno differenziabili.

Astraendo da variazioni individuali, la finezza del gusto è specialmente influenzata dalla stessa intensità delle sensazioni sapide, dallo stato della lingua e dalla temperatura. Rispetto al primo punto, è ovvio, che sensazioni sapide molto intense diminuiscono la

eccitabilità per le successive, specialmente se identiche o simili. Rispetto allo stato della lingua il gusto si raffina quand' essa è umida e tersa, mentre invece si ottunde in condizioni opposte. Rispetto finalmente alla temperatura, l' acqua fredda o molto calda sospendono momentaneamente il gusto e il tatto buccale, che trovano invece condizioni termiche favorevoli fra 10 e 15° C°. Anche la luce influisce sulla finezza del gusto, sapendosi come si gusti meno nella oscurità.

Non è accertabile se il gusto sia suscettibile di sensazioni postume, attesa principalmente la difficoltà di determinarne il carattere subjettivo. Si potrebbe infatti considerare come una sensazione postuma il perdurante amaro del chinino (malgrado ripetute abluzioni) se fosse dimostrato che il protrarsi della sensazione non riconosce una derivazione esterna nella persistenza della eccitazione locale per residue molecole di chinino, ma è invece di natura subjettiva per continuante movimento di preceduta eccitazione, senza attuale eccitante esterno. Potrebbe darsi infatti che sostanze, le quali in piccola quantità eccitassero molto intensamente, come appunto gli amari, e fossero difficili ad assorbirsi, continuassero a procurare una sensazione amara non subjettiva e quindi non postuma, ma objettiva, per eccitamento delle terminazioni nervose, prodotto dai residui della sostanza sapida accolti ancora nei liquidi parenchimatosi e difficilmente eliminabili.

Non è pure accertabile se siano veramente postumi, e paragonabili in certa guisa ai complementari dell'occhio, alcuni gusti che si protraggono oltre un gusto preceduto e diverso, come ad esempio, l' acido conseguente al dolce dello zuccaro. In questo caso l'acido, anzichè una sensazione subjettiva, potrebbe essere objettivamente determinato dalla eccitazione delle terminazioni nervose per opera di acido lattico, in cui lo zuccaro si fosse trasformato. Viene ad essere quindi molto difficile lo stabilire se esistano vere sensazioni gustative postume, appunto per la generica difficoltà di constatarne la derivazione subjettiva, anche nei casi in cui non abbia avuto luogo applicazione di sostanza sapida. Possiamo infatti decidere se un sapore amaro, che insorge spontaneo, sia proprio di derivazione subjettiva, o se non tenga invece ad eccitazione periferica dei nervi gustatorii per sostanze esistenti nel sangue e nei liquidi parenchimatosi (bile) o per altre sostanze, peculiarmente trasformate e deposte negli elementi dell'epitelio, d'onde anzi la frequenza di queste sensazioni a lingua pattinosa? Certo è che la derivazione più o meno diretta di una tale stimolazione dal sangue è dimostrata dal fatto, che deglutendo sostanze sapide incapsulate,

risentiamo più tardi il sapore, quando assorbite nell' intestino arrivano ai nervi gustatorii direttamente dal sangue od indirettamente da esso per mezzo della saliva. Accennando a queste difficoltà di distinguere la sensazione subjettiva non intendiamo escluderne la possibilità. Forse vi sono riferibili quelle sensazioni, amare o dolciastre, che uniformemente si risvegliano sotto l' uso di sostanze sapide svariatissime, in persone a lingua sanissima.

Era già noto a Volta, che applicando alla lingua una corrente od anche soltanto due metalli eterogenei, si ha un forte sapore acido al metallo positivo ed un debole sapore alcalino al negativo. Il sapore acido insorge subito al chiudere del circuito, il sapore alcalino si sviluppa più lento, ma ambedue continuano durante la chiusura. Volta aveva già cercato di escludere che le sensazioni sapide dipendessero da decomposizione elettrolitica della saliva, dimostrando che il sapore acido del metallo positivo continua anche quando la lingua sia cospersa di soluzione alcalina. Rosenthal escluse pure, come causa dei sapori, una decomposizione elettrolitica alla superficie della lingua, dimostrando la loro insorgenza anche quando la corrente è trasmessa alla lingua da conduttori che non determinano elettrolisi alle loro estremità. Potendosi escludere la elettrolisi degli umori parenchimatosi della lingua, resa inverosimile dalle stesse ricerche di Rosenthal, si sarebbe autorizzati a conchiudere, che la corrente elettrica sia capace di destare la eccitazione sapida dei nervi gustatorii.

Fra l'applicazione della sostanza sapida alla lingua e l' insorgere della sensazione decorre un piccolo tempo, il quale, secondo le ricerche di Schirmer, va crescendo dal salato, al dolce, all' acido ed all'amaro, tenendo lo stesso ordine anche nel miscuglio di due sapori diversi.

Come per tutte le sensazioni, così anche per le sapide, deve distinguersi dal loro momento subjettivo la rappresentazione objettiva, per mezzo della quale, riferiamo la sensazione all' organo eccitato, e coll'ajuto dell' objettivamento tattile al corpo eccitante e al punto eccitato.

Il gusto, specialmente se unito al tatto buccale, c'informa di varii caratteri spettanti a molte sostanze ingeribili, senza però istruirci se siano o meno nocive, come avviene, ad esempio, di veleni che sieno gradevoli od indifferenti al palato.

SENSO DELL'OLFATTO.

§ 36. *Cognizioni generali.*

Per mezzo dell'olfatto abbiamo le sensazioni odorose, le quali, come ogni altra sensazione, non sono definibili nella loro essenza, nè punto riferibili alla natura dello stimolo, che valse a destarle, quantochè le proprietà fisiche e chimiche dell'agente stimolante non sono desumibili dall'odore, il quale alla sua volta può emanare identico da corpi fisicamente e chimicamente diversi.

Trasmissore della eccitazione ad un centro di percezione odorosa, è il nervo olfattorio, con accertata esclusione della sospettata compartecipazione del trigemino (§ 14 III). Questo nervo si distribuisce esclusivamente in quella parte della mucosa delle narici che corrisponde alla così detta *regione olfattoria*, la quale soltanto rappresenta l'atrio del senso olfattorio, con esclusione della restante mucosa, che dal trigemino è dotata di sensibilità tattile e più specialmente di senso generale, ma non di sensibilità olfattoria.

Perchè la eccitazione olfattoria abbia luogo negli animali che vivono nell'aria, le sostanze gaziformi, o liquido-solide, ma volatili, che hanno la non definibile qualità odorosa, devono giungere coll'aria alla regione olfattoria.

Le sensazioni odorose sono più numerose e svariate delle gustatorie e meno di esse classificabili, motivo per cui le indichiamo col nome dei corpi odorosi, dicendo, per esempio, che l'arsenico ha l'odore dell'aglio, che l'aglio ha l'odore del fosforo, ecc.

La forza odorifera dei corpi è svariatissima; in genere però si può affermare, che corpi più intensamente odorosi sono quelli che agiscono anche a grande distanza, come il muschio, mentre invece è meno estesa l'azione dei corpi meno intensamente odorosi.

Alcune sensazioni acri e pungenti, come quella destata dall'ammoniaca, si riferiscono piuttosto alle tattili, anzichè alle olfattorie o gustative.

§ 37. *Organo dell'olfatto.*

L'organo olfattorio è limitato alla regione olfattoria della mucosa delle narici, in quella parte di essa, che si estende dalla lamina orizzontale dell'etmoide al turbinato superiore e medio, ed

alla porzione superiore del setto. In questa regione, alla quale si limita la distribuzione del nervo olfattorio, la mucosa si distingue per la sua maggiore tumescenza e per il suo colore giallastro, dovuto principalmente ad un prodotto di secrezione raccolto nei numerosi follicoli da essa lei ricettati.

Gli elementi più superficiali dell' epitelio che la riveste sono cilindrici, o meglio caliciformi, e mandano verso la mucosa dei prolungamenti rameggianti, che anastomizzandosi fra loro formano una specie di rete epitelica, nelle cui maglie stanno elementi sferoidali nucleati. In questo epitelio fu variamente ammessa e negata la presenza di cilia, che io, a non dubitarne, riscontrai nella cavia munire l'orlo dell'elemento caliciforme, che aveva tutta l'apparenza di essere vuoto, forse per preceduta fuoruscenza di mucina, la quale vedesi infatti caratteristicamente apparire alla libera superficie epitelica di una osservata sezione della mucosa. Schultze però avrebbe riscontrato nell'epitelio olfattorio della rana, tali particolarità di struttura, le quali, ove fossero realmente confermate, non solo interesserebbero la parte essenziale dell'organo corrispondente, ma spiegherebbero anche le contraddizioni esistenti sulla natura ciliata del suo epitelio. Vorrebbesi cioè da Schultze, che gli elementi veramente epitelici della regione olfattoria non fossero ciliati, ma che fra questi elementi ne fossero insinuati altri sferoidali, corrispondenti a quelli che noi abbiamo accennati come esistenti nella rete epitelica, i quali manderebbero un prolungamento bacillare verso la superficie libera dell'epitelio, ove questo prolungamento sarebbe sormontato da cilia molto più lunghe delle vibratili e molto caduche. Alla riscontrata o sconosciuta presenza di queste cilia caduche, si dovrebbero le opposte opinioni, che sia o non sia ciliato l'epitelio olfattorio. Se non che però queste cilia non sarebbero, secondo Schultze, di spettanza delle vere cellule epiteliche, ma degli interposti elementi sferoidali, che egli sotto il nome di *cellule olfattorie*, considera quali cellule nervose bipolari, siccome quelle, che per mezzo di un altro prolungamento inferiore varicoso, si terrebbero in diretta continuazione con una delle fibrille, da cui, secondo Schultze, risulterebbe composta ogni fibra del nervo olfattorio.

Secondo Schultze adunque, il piano generale della mucosa olfattoria sarebbe formato dalla terminazione allo stesso livello delle cellule epiteliche ed olfattorie; e al disopra di questo piano si ergerebbero, liberamente oscillanti nella cavità olfattoria, cilia tanto caduche, da alterarsi perfino all'azione dell'acqua.

§ 38. *Sensazioni olfattorie.*

È un fatto che gli animali aerei non odorano che per l'aria, ovvero sia non odorano se non in quanto l'aria traduca alla regione olfattoria l'agente odorifero. L'acqua resa molto odorosa dall'aggiunta di $^1/_{11}$ di acqua di Cologne, è risentita odorosamente se aspirata per le narici, ma non più risentita quando le riempie (Weber). Volendo supporre che la eccitazione olfattoria si faccia per vibrazione delle cilia, potrebbe darsi, che in vista della loro grande caducità, la mancanza dell'olfatto dipendesse, in questo caso, da alterazione indottavi dal liquido. Ciò tanto più, quantochè l'osservazione dimostra, che anche la sola acqua ritenuta nelle narici ottunde o distrugge l'olfatto per un certo tempo successivo alla sua emissione, il che tenderebbe a dimostrare, che l'alterazione delle cilia fosse passeggera e consistente forse soltanto in un rigonfiamento imbibitorio, che si andasse poi correggendo per successiva evaporazione. La deficenza di movimento potrebbe essere pur causa per cui non venissero risentite olfattoriamente le sostanze odorose disciolte nei liquidi che riempiono le narici, supposto pure che questi liquidi non alterassero menomamente le cilia. Difatti, possiamo rendere pressochè inodore delle sostanze odorosissime sospese nell'aria, purchè in questa non sia determinata una corrente alle narici. Non si può negare che stanziando in un'aria carica di particelle odorose, queste non arrivino lentamente per diffusione fino alla regione olfattoria, anche quando, ritenendo il fiato, si evita ogni sua aspirazione; ciò malgrado però la sensazione olfattoria non ha luogo se non quando si rinforza la corrente odorifera mediante l'aspirazione respiratoria. Anche portando un frammento di canfora nelle narici e tenendo il respiro, non si ha che una debole sensazione, procurata forse da una corrente aerea ridestata dalla rapida volatilizzazione di questa sostanza, della quale si risente con forza l'odore, tostochè la respirazione cominci.

Lo scopo che noi ci proponiamo col *fiuto,* ovvero sia con brevi, ripetute ed energiche, ma poco estese inspirazioni dalle narici, è quello evidentemente di aumentare colla forza della corrente aerea, la intensità della sensazione odorosa. Pare però che non sia questa soltanto la condizione che induciamo col fiuto, quantochè la sensazione odorosa è molto debole, rispetto a quella che si ottiene naturalmente, se si dirige con un tubo l'aria odorifera immediatamente alla regione olfattoria. E ciò è confermato da varie osservazioni chirurgiche di perdita parziale del naso. Dall'ottundimento

dell'olfatto in mancanza del turbinato inferiore s'avrebbe voluto desumere, che il medesimo, oltre al dirigere per la sua posizione rispetto alla cavità delle narici, l'aria odorifera alla regione olfattoria, favorisse pure in qualche altro modo la relativa eccitazione. Si comprende infatti di leggeri come, attivando l'inspirazione nasale, l'aria debba di preferenza dirigersi in alto alla regione olfattoria per la direzione anterior-discendente delle aperture anteriori delle narici, direzione che più ancora si accentua, pei movimenti proprii delle narici, nell' atto del fiuto. Si comprende pur di leggeri, come diminuendo, a respirazione ordinaria, la intensità dell'aspirazione, l'aria debba tendere di preferenza, per ragione di equilibrio di pressione coll'aria faringea, alle narici posteriori. E finalmente si comprende, come in quest'ultimo caso agisca di preferenza il margine anterior-discendente del turbinato inferiore nel deviare l'aria dalle narici posteriori, e nel dirigerne una parte verso la regione olfattoria. Più in là però non si potrebbe interpretare l'azione del turbinato inferiore, a meno che non si volesse supporre con Ludwig, che esso, restringendo il passaggio all' aria, la mantenga sotto un certo grado di pressione, che sarebbe favorevole all'assorbimento delle sostanze odorose. Ipotesi questa, che rendesi tanto meno attendibile, quantochè, oltre al non essersi ancora dimostrata una influenza della pressione sulla odorosità, è, per analogia cogli altri sensi, prevalente in oggi la tendenza ad ammettere, che anche la eccitazione olfattoria, anzichè per assorbimento, si faccia invece per vibrazione. Anche la ipotesi di Bidder, che il turbinato inferiore urtato dalla corrente aerea, la disperda, per le sue numerose elevazioni, ai diversi punti della regione olfattoria, ha per lo meno bisogno di una base dimostrativa.

La limitazione della regione olfattoria ottunde la sensazione, che troviamo infatti meno distinta fiutando con una sola narice.

Anche lo stato di soverchia umidità o secchezza della mucosa produce lo stesso effetto, come lo dimostra l'ottundimento dell'olfatto nel primo e secondo stadio della corizza. È anzi rimarchevole a questo proposito come il fondo cieco a cui mette la regione olfattoria, moderando la ventilazione, osti alla soverchia evaporazione ed alla conseguente secchezza della corrispondente membrana. La grande estensione della mucosa delle narici e delle cavità accessorie favorisce il mantenimento di un conveniente grado di umidità.

Generalmente il riscaldamento delle sostanze odorose, siccome quello che favorisce la volatilizzazione, aumenta la intensità della sensazione, che può essere diminuita o spenta dalla presenza di so-

stanze, le quali per la loro porosità, valgano ad assorbire gli effluvj, come ad esempio, il carbone animale.

L'esistenza e la direzione di una corrente aerea favorita dal turbinato inferiore essendo condizioni necessarie all'olfatto, dovrà esso mancare, quando la corrente, per la sua direzione inversa dalle narici posteriori alle anteriori, passando fra il pavimento delle narici ed il turbinato inferiore, trova in quest'ultimo un ostacolo per inviare sufficiente quantità di aria alla regione olfattoria. Difatti non si sente l'odore di un proprio alito fetente; si sente assai poco l'odore del fumo di tabacco aspirato per le narici, e poco pure l'odore della canfora tenuta in bocca.

La finezza del senso olfattorio, tuttochè non misurabile con precisione, anche relativa, fu però in modo approssimativo argutamente valutata da Valentin. È ancora odorosa dell'aria che contenga in 1 C. C. un trentamillesimo di milligrammo di bromo, per cui supponendo che per eccitare l'olfatto se ne inspirino 50 C. C., il bromo agirebbe ancora nella quantita di un seicentesimo di milligrammo. L'idrogeno fosforato sarebbe ancora attivo nella quantità di un cinquantesimo di milligrammo, e quantità di lunga mano minori esigerebbero l'idrogeno solforato e gli olj eterei. L'ammoniaca agisce ancora alla diluzione di un trentatrè millesimo. Un liquido che nella quantità di 45 milligrammi contenga soltanto $^1/_{43500}$ di milligrammo di estratto alcoolico di muschio è ancora nettamente odoroso, nè la sensazione comincia a diventare indistinta, se non quando agisce sull'organo olfattorio in una quantità minore di 1 duemilionesimo di milligrammo.

Del resto la finezza dell'olfatto tiene anche in moltissima parte alla eccitabilità, che è in genere maggiore nei nervosi, specialmente nelle donne, e più specialmente ancora negli ammalati. Ebbi chi sentiva intensamente odori che non erano percepiti dai sani, e che per la presenza del corpo odorifero non dovevano essere subjettivi. Questi ultimi sono ignoti del resto, null'altro sapendosi a proposito di essi, se non che si ridestano per pressione, da tumori, sul nervo olfattorio. Nulla pure si sa degli odori postumi e del tempo che intercede fra la eccitazione e la sensazione.

La sensazione odorosa è pure, come le altre, objettivata e riferita ai corpi odorosi colla qualità dell'odore, la cui piacevolezza o meno è assai volte tanto relativa da venirci, per esempio, a nausea gli odori delle vivande a stomaco pieno.

Gusto ed olfatto si riferiscono ai sensi inferiori, perchè non tanto ridestano l'intelligenza, quanto vegliano sugli apparati digestivo e respiratorio, concorrendo l'olfatto anche al disimpegno dell'attività sessuale.

SENSO DELL'UDITO.

I. — **Preliminari fisio-morfologici.**

§ 39. *Cognizioni generali.*

La trasmissione centrale del movimento nervoso destato colla eccitazione delle terminazioni periferiche dell'ottavo pajo nell'organo acustico, dà luogo alle sensazioni acustiche.

Le vibrazioni o le onde esterne sono lo stimolo adeguato del nervo acustico, che agisce soltanto sulle terminazioni periferiche del medesimo, non sul suo decorso e non su altri nervi. Ciò non esclude che il nervo acustico reagisca con una sensazione acustica ad altri stimoli, come per esperienze di Volta e di Ritter (contestate da Weber) sarebbe dimostrato per lo stimolo elettrico (§ 20 III). Non è però dimostrato ancora come reagisca l'acustico a stimoli meccanici, chimici, e termici.

È necessaria la conoscenza fisica delle leggi che regolano la trasmissione delle onde, non che la conoscenza anatomica dell'apparato nervoso terminale del nervo acustico, per una giusta interpretazione dei rapporti in cui l'azione fisica si tiene coll'azione fisiologica, allo scopo di ottenere che un movimento fisico di ondulazione si trasformi in un movimento fisiologico di eccitazione nervosa. Sotto questo punto di vista possiamo dire, che il senso acustico ci è meglio conosciuto dell'olfattorio e del gustativo, sebbene, come per questi ultimi, così anche pel primo, nulla sappiamo dei movimenti che si compiono dal momento in cui il nervo viene eccitato fino a quello in cui si desta la sensazione, e solo possiamo dire con certezza, non essere il movimento fisico di ondulazione objettiva, quello che si trasmette al centro sensitivo per identiche ondulazioni subjettive delle fibre acustiche, ma essere invece un movimento specifico inerente alla costituzione ed all'attività del nervo, quello, che destato dalle onde fisiche objettive, desta alla sua volta nei centri senso-percettivi la sensazione acustica.

Come per gli altri sensi, così per l'acustico vi hanno diverse qualità di sensazioni. Le qualità fondamentali delle sensazioni acustiche sono il *suono* ed il *rumore*. Il suono è una sensazione complessa, risultante da tante qualità elementari, rappresentate dai *toni*, che derivano da vibrazioni succedentisi periodicamente. Le diverse altezze del tono costituiscono realmente altrettante qualità

di sensazioni, non in quanto queste ultime nel diverso numero o nella diversa estensione delle onde riportino il carattere spettante per ciascun tono all'eccitante objettivo, ma in quanto le stesse fibre nervose diversamente eccitabili dai varii toni, o fibre nervose diverse eccitabili da un solo tono, variamente ridestano il movimento di sensazione. Le diverse qualità delle sensazioni acustiche quindi, come il diverso colore o la diversa qualità della sensazione visiva, non sono in attinenza immediata colla modalità del movimento objettivo, sibbene invece con quella del movimento subjettivo di eccitazione nervosa.

I rumori, derivanti da vibrazioni che si succedono irregolarmente senza periodicità, sono pur essi delle sensazioni più o meno complesse, che ritraggono il loro carattere dalla modalità e dalla intensità dei loro singoli contemporanei o successivi componenti, fra i quali possono pur trovarsi dei toni.

§ 40. *Organo acustico.*

Sotto il punto di vista fisiologico dobbiamo distinguere nell' organo acustico una parte accessoria da una parte essenziale. La parte accessoria che comprende tutto l'organo acustico, ad eccezione del nervo, trasmette a quest' ultimo il movimento esterno, rinforzandolo anche o moderandolo. La parte essenziale comprende il nervo acustico (§ 20 III) e lo sconosciuto centro di sensazione acustica.

Sotto il punto di vista morfologico distinguiamo nell'organo acustico l'orecchio *esterno*, il *medio* e l'*interno*.

Orecchio esterno. — L'orecchio esterno comprende il *padiglione* col *meato* e col *condotto uditorio esterno*.

Il padiglione dell'orecchio è formato da una fibro-cartilagine, ritenuta da legamenti derivanti dalle apofisi mastoidea e zigomatica, rivestita di pericondrio e coperta dalla cute, che più tenacemente aderisce alla superficie concava. Vi si distinguono: l'orlo esterno o l'*elice*, che incomincia colla *spina* o *cresta* nella *conca;* separato da essa per la *fossa navicolare* un orlo più interno l'*antelice*, che sporge in basso a formare l'*antitrago* (separato dal *trago* per l'incisura *intertragica*) e termina in alto con due rami divergenti, dei quali l'esterno limita la fossa navicolare, l'interno invece la conca, che è la parte più concava del padiglione, la quale con una lieve torsione spirale mette al meato uditorio esterno. La cartilagine non entra nel *lobulo* del padiglione che sta al disotto dell'incisura intertragica, e che è formato soltanto dalla cute assai povera di vasi e di nervi. Oltre ai muscoli *elevatore*, *attrattore* e *retrattore*, il

padiglione ha come muscoli proprii: il *maggiore* e *minore* dell'elice, che decorrono rispettivamente lungo i margini esterno ed interno dell'omonima spina; i muscoli *tragico* ed *antitragico* sulle omonime eminenze; il muscolo *trasverso*, che riunisce alla superficie convessa del padiglione le sporgenze derivanti dalla fossa navicolare e dalla conca.

Dal fondo della conca la cartilagine del padiglione continuando tubulare forma il *meato* e la porzione cartilaginea del *condotto uditorio esterno*, completato poi dall'osso temporale nella sua porzione ossea, solcata alla sua estremità pel ricetto della membrana del timpano, obliquamente tesa per modo, da essere più avanzata in alto, più arretrata in basso. A questa circostanza si deve che il condotto uditorio esterno, avente nel suo asse una lunghezza media di 20 a 26 millimetri, sia inferiormente un po' più lungo che superiormente. Anche i diametri, dei quali tanto al meato, quanto nel condotto è sempre maggiore il verticale, non sono eguali per tutta la lunghezza del condotto, ma da uno a due millimetri maggiori alla congiunzione osseo-cartilaginea ed alla membrana del timpano. La linea di decorso del condotto si avvicina ad una spirale diretta all'avanti ed in basso, motivo per cui bisogna tendere il padiglione all'indietro ed in alto, onde, stirando con esso la cedevole porzione cartilaginea, far coincidere la direzione di questa con quella dell'ossea, ed ottenere di tal guisa la visione della membrana del timpano. Il condotto uditorio è rivestito dalla cute, che va sempre assottigliandosi verso la membrana del timpano, sulla quale pure si estende esilissima. Questa cute è provveduta di follicoli di peli, che specialmente si osservano al meato (*hirci*) e di ghiandole non dissimili nella loro struttura dalle sudorifere, le quali secernono una sostanza amara, giallo-rossigna, untuosa, che indurisce all'aria e che chiamasi *cerume*.

La porzione cartilaginea del condotto uditorio nella interposizione circolare di tessuto fibroso, presenta anche nell'uomo una traccia di quella particolarità, per la quale nell'*Echidna* è dessa meglio paragonabile alla struttura della trachea. A questa interposizione, cui corrispondono le così dette *incisure di Santorini*, devesi la possibilità di esercitare, mediante il padiglione, una trazione sulla porzione cartilaginea del condotto uditorio, la cui sezione, non circolare ma elittica, col massimo diametro verticale, è usufruita dal chirurgo per una razionale introduzione di pinzette od altri strumenti, allo scopo dell'estrazione di corpi impegnatisi nel condotto.

Orecchio medio. — L'orecchio medio è formato dalla cavità del timpano. Questa cavità, per omonima membrana separata dal con-

dotto uditorio esterno, è scolpita nella rocca petrosa, contiene muscoli, ossicini ed aria, che le deriva dalla tuba eustachiana, e presenta sei pareti, delle quali la *esterna* è formata dalla membrana del timpano; la *superiore* dell'ossatura anterior-superiore della rocca; la *inferiore* dell'ossatura inferiore; la *posteriore* conduce alle cellule mastoidee; l'*anteriore* più piccola corrisponde allo sbocco della tuba e sovr'esso al principio del semi-canale del tensore del timpano; la *interna* presenta principalmente di rimarchevole: la *finestra ovale*, la *finestra rotonda* al disotto, il *promontorio* fra le due, l'*eminenza piramidale* al di dietro della finestra ovale, e al disopra di essa il *canale di Fallopio* comunicante colla cavità della eminenza piramidale, e il semi-canale del tensore del timpano.

La *membrana del timpano*, più grossa e quasi cartilaginea al suo margine d'attacco, convessa verso la cavità del timpano, concava verso il condotto uditorio, nel quale, in vicinanza al suo margine superiore, protrude per sporgenza del minor processo del martello, è tesa obliquamente in modo, che i piani delle due membrane timpaniche s' incontrerebbero all' interno ed in basso sotto un angolo di 130°. Di figura ovale, della lunghezza di 9 millimetri sopra 8 di larghezza, consta di uno strato proprio fibroso rivestito da un esile prolungamento della cute e dell'epidermide del condotto uditorio, della mucosa e del vibrante epitelio della cavità del timpano.

La tuba d'Eustachio, che con esile apertura diparte dalla parete anteriore della cavità timpanica, al disotto del semi-canale del tensore, ingrandendo imbutiforme e dirigendosi al basso ed all' interno, sbocca, dopo un decorso di circa 30 millimetri, con ovale ed orlata apertura della lunghezza di circa 6 millimetri, ai lati della porzione superiore della faringe. Risulta la tuba di una porzione cartilaginea, formata da un semi-canale cartilagineo inferiore completato da tessuto fibroso, e di una porzione ossea scolpita nell'angolo anteriore della rocca-petrosa, con rivestimenti di mucosa e di epitelio vibratile.

Gli *ossicini* dell'udito formano una catena, la quale dal martello per l'incudine, la staffa e la finestra ovale, trasmette al labirinto le vibrazioni della membrana del timpano.

Il *martello*, sporgente dal margine superiore della membrana del timpano colla testa e col collo, s' insinua col manubrio nello spessore di questa membrana, oltrepassandone il centro e stirandola verso la cavità del timpano, in modo da renderla quivi convessa. Il breve processo del martello sporge dal suo collo verso la membrana del timpano, che sospinge verso il condotto uditorio; il lungo

processo invece o il *processo Foli*, si dirige dal collo del martello all'innanzi, concrescendo nell'adulto colla parete inferiore della fessura di Glaser. L'*incudine*, che si articola colla sua testa a quella del martello, ha un processo breve che s' insinua in una nicchia scolpita nella parete posteriore della cavità del timpano ed un processo lungo, che decorrendo quasi paralellamente al manico del martello volge all' in basso ed all' interno, per quindi lievemente incurvarsi verso la finestra ovale e terminare in un apofisi, che prende anche il nome di *osso lenticolare*. Quest' ultimo si articola alla testa della *staffa*, la quale ripiegandosi in alto per modo da formare quasi un angolo retto col processo lungo dell'incudine, si applica col suo pedale alla finestra ovale, conservando la sua mobilità in causa di una membrana fibrosa che riunisce il margine di esso a quello di detta finestra. Nello spazio compreso fra le due ineguali branche della staffa, esiste la fibrosa *membrana propria* di essa.

La catena degli ossicini può essere mossa da muscoli, dei quali più accertati sono i seguenti: 1.° Il *tensore* della membrana del timpano, che dai contorni della tuba e dall' angolo anteriore della rocca petrosa entrando nella cavità del timpano e decorrendo nel semicanale del tensore all'interno, si attacca al collo del martello, dopo essersi aggirato al *rostro cocleare* o ad una prominenza ossea, che trovasi alla estremità interna del semi-canale. Contraendosi questo muscolo aumenta la tensione della membrana del timpano. 2.° Il non da tutti ammesso *rilasciatore* della membrana del timpano, che dalla spina angolare dello sfenoide, per la fessura di Glaser, andrebbe al processo lungo del martello. 3.° Il muscolo *stapedio*, che dalla eminenza piramidale, per un esilissimo tendine passante pel forellino che trovasi all'apice di questa eminenza, si attacca alla testa della staffa. 4.° È pure ancor problematica la esistenza di un muscolo *rilasciatore minore* della membrana del timpano. Tutti questi muscoli sono formati da fibre striate e insieme agli ossicini sono rivestiti della mucosa, che si avanza anche alle cellule mastoidee e che forma quindi tante duplicature o ritenacoli per gli ossicini.

Orecchio interno. — L'orecchio interno è formato dalle complicate cavità del labirinto, che racchiuse nello spessore della rocca petrosa e comunicanti fra loro, sviluppansi in parte in canali semicircolari e cocleare. La mediana di queste cavità, che mette poi alle altre, è il *vestibolo*, che confina all'esterno colla cavità del timpano, separata da essa per la finestra ovale e per l'applicatovi pedale della staffa; all' interno col fondo del condotto uditorio in-

terno; al davanti colla coclea; al di dietro coi canali semicircolari; al disopra col principio del canale di Fallopio, che diparte dal condotto uditorio interno. È divisa in due parti separate fra loro dalla ossea *cresta del vestibolo* e formanti anteriormente il *recesso emisferico,* posteriormente il *recesso emielittico.* In quest'ultimo sboccano i canali semi-circolari, mentre invece nel primo vi ha lo sbocco della scala vestibolare della coclea. Il vestibolo comunica inoltre col meato uditorio interno, per tre sistemi di forellini, che formano le tre *macchie cribrose, superiore, media* ed *inferiore.*

Dal recesso emielittico del vestibolo si sviluppano i *canali semicircolari* (*superiore, posteriore* ed *esterno*) che sboccano in esso con sole cinque aperture per confluenza delle bocche d'uscita del semi-canale superiore e posteriore, mentre invece le tre bocche di entrata si allargano nelle *ampolle.* I semi-canali trovansi in piani alternamente normali; il loro lume è ovale e la estensione delle loro curve supera i 180.°

La *coclea,* formata da un canale osseo, che a guisa di elice aggirasi due volte e mezza intorno ad un *modiolo,* che prende il nome di *columella* per la seconda curva, e quello di *lamina del modiolo* per la terza, ha un diametro basilare di circa 8 millimetri, un'altezza di 5, con asse orizzontale, avente presso a poco la direzione del diametro trasverso della rocca petrosa. Posta al davanti del vestibolo ed al di dietro del canale carotico, sospingendo col suo apice la massa ossea della rocca petrosa verso la cavità del timpano, vi forma il *promontorio,* arrivando colla sua base alla terminazione cieca del meato uditorio interno, col quale il modiolo comunica mediante un sistema spirale di fori, formanti il *tratto spirale foraminulento.*

Il lume del canale cocleare è diviso in due parti o scale dalla *lamina spirale ossea,* che emana dal modiolo e che è completata (fino all'opposta parete del canale) dalla *lamina spirale membranosa.* La lamina ossea termina nell'ultimo giro del canal cocleare all'*amulo,* d'onde si continua la membranosa in modo da lasciare fra essa e la punta o cupola cocleare un foro di comunicazione fra le due scale (*elicotrema*).

La inferiore di queste scale, più vicina alla base della coclea, mette per la finestra rotonda alla cavità del timpano, dalla quale è separata per la interposta membrana della finestra rotonda o *secondaria del timpano,* e prende quindi il nome di *scala timpanica.* La superiore, più lontana dalla base, comunica col recesso emisferico del vestibolo e forma la *scala vestibolare.*

Tutte le parti del labirinto osseo fino ad ora descritto, sono ri-

vestite da periostio epiteliato, che secerne un liquido sieroso (la *perilinfa*) in cui galleggiano i contigui *sacculi emi-sferico* ed *emi-elittico*, trovantisi negli omonimi recessi del vestibolo.

Il sacculo emi-elittico si prolunga nei *canali semi-circolari membranosi*, alla lor volta galleggianti nella perilinfa, che li separa dai canali ossei, e formanti essi pure, come questi, le ampolle. Sacculi e canali membranosi contengono la *endolinfa*, e dove i sacculi corrispondono alle lamine cribrose, quivi aderiscono alla loro interna superficie, sotto forma di dischi circolari concavo-convessi, i cristalli microscopici di carbonato calcico (*otoliti*) che voglionsi esistere liberi anche nell'endolinfa e nel liquido cocleare.

Il *condotto uditorio interno*, che incomincia alla superficie posteriore della rocca petrosa, s'approfonda in essa per modo da giungere fino al vestibolo, dal quale è separato per una esile lamina ossea. Quivi giunto, forma una specie di fondo cieco, diviso in una parte superiore ed inferiore da una cresta ossea. La parte superiore si approfonda ancora in due piccole cavità, delle quali l'anteriore si prolunga nel canale di Fallopio, la posteriore presenta la *lamina cribrosa superiore*, mentre invece la parte inferiore contiene il *tratto spirale foraminulento* alla base del modiolo e le *lamine cribrose, media* ed *inferiore*. Nel condotto uditorio interno decorrono i nervi 7.° ed 8.° e l'arteria auricolare interna. Il canale di Fallopio, che incomincia dal condotto uditorio interno, termina al foro stilo-mastoideo, formando due angoli e decorrendo nel promontorio.

Il *nervo acustico*, giunto al fondo del condotto uditorio interno, si divide nei due rami *vestibolare* e *cocleare*. Il ramo vestibolare passa per le lamine cribrose e si disperde ai sacculi ed alle ampolle membranose. Il ramo cocleare passa pel tratto spirale foraminulento, entra nel modiolo e si distribuisce alla lamina spirale.

Le arterie più direttamente interessate alla nutrizione degli organi acustici sono: 1.° L'*auricolare posteriore* (della carotide esterna) che irrora il padiglione, mandando rami nella cavità del timpano. 2.° Le *auricolari anteriore-superiore* ed *anteriore-inferiore* (dalla carotide esterna per la temporale) che vanno principalmente al padiglione e al condotto uditorio esterno. 3.° L'*arteria petrosa* (dalla carotide esterna per la meningea media) che dà un ramo pel tensore del timpano e per la mucosa di questa cavità. 4.° L'*arteria auricolare interna* (dalla succlavia per la vertebrale) che dal condotto uditorio esterno, per le lamine cribrose e pel tratto foraminulento, si distribuisce ai sacculi ed alla lamina spirale.

Le vene si raccolgono principalmente nelle *auricolari anteriori* (fra cui una *profonda*) alla facciale posteriore e nelle *auricolari posteriori* alla giugulare esterna.

Oltre all'8.° pajo, essenzialmente implicato nella sensazione acustica, ed oltre a rami del simpatico derivantigli dalle sue molteplici anastomosi, l'organo acustico riceve diramazioni nervose: 1.° Dalla terza branca del 5.° e dal ganglio otico, rispettivamente (pel *ramo auricolo-temporale*) al padiglione e al *tensore del timpano*. 2.° Dal 7.° probabilmente per le sue anastomosi coll'acustico e coll'auricolare del vago; poi pei rami emananti dalla corda del timpano, non che per il suo *ramo al muscolo stapedio*, che secondo Longet (§ 19 III) deriverebbe dall'intermediario, e per l'altro suo ramo *auricolare posteriore profondo*. 3.° Forse dal 9.° per la sua anastomosi coll'auricolare del vago, mediante il ganglio petroso, non che per l'anastomotico di Jacobson. 4.° Dal 10.°, che dà il ramo *auricolare posteriore superficiale*.

Quello fra i nervi, dei quali interessa conoscere la terminazione, è senza dubbio l'acustico. Il suo ramo vestibolare si distribuisce quasi esclusivamente ai sacculi ed alle ampolle. Constano questi organi di una tonaca esterna di sostanza unitiva amorfa con reti plasmatiche, contenenti anche delle granulazioni pigmentali; poi di una membrana jalina cospersa di nuclei, epperò consimile affatto alle membrane proprie; poi finalmente di un epitelio pavimentoso semplice.

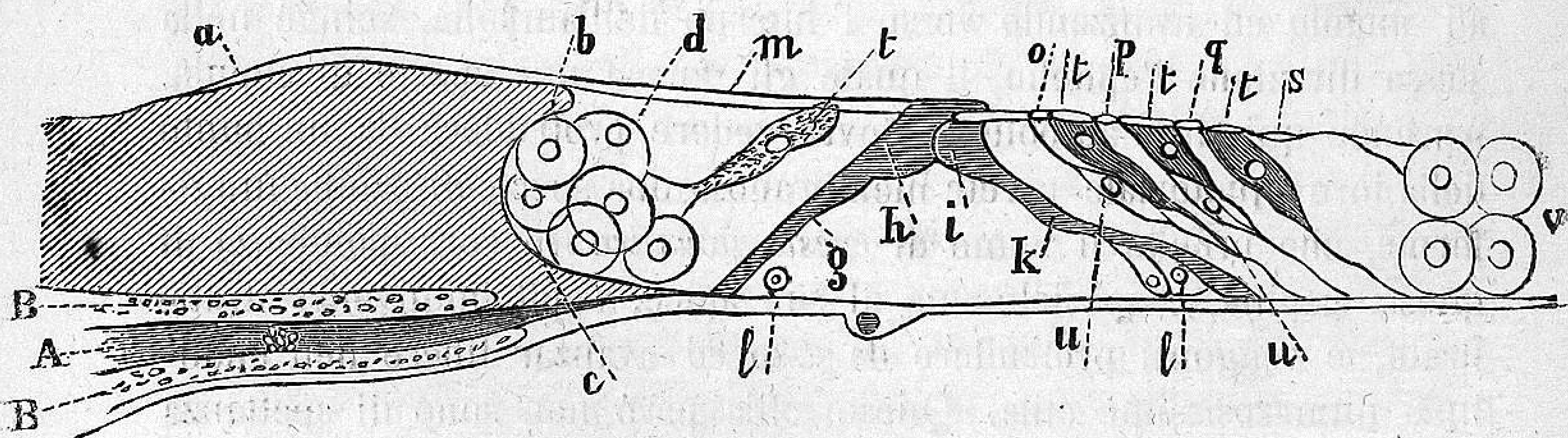
Avviene ora per le ampolle che il fascetto nervoso spiccatosi da quella parte del ramo vestibolare che è penetrata nel sacculo semielittico fra l'epitelio e la jalina, decorrendo fra queste membrane ascenda all'ampolla, ove in un punto del suo equatore, piegandosi ad angolo ed avanzando verso l'interno dell'ampolla, spinge nella stessa direzione l'epitelio, il quale gli forma una specie di copula. Aprendo quindi le ampolle si dovrà vedere protrudere da un punto della loro equatoriale parete membranosa una specie di papilla fungiforme, che prende il nome di *cresta acustica*. In corrispondenza di questa papilla, e specialmente al suo apice, l'epitelio diventa stratificato, e veggonsi protrudere da esso ed avanzar libere nell'endolinfa numerosissime cilia. Queste cilia però non sono di spettanza dell'epitelio che si può togliere, lasciando le cilia, le quali si considerano piuttosto come le terminazioni delle fibre nervose nell'endolinfa. Si ritiene cioè, analogamente a quanto ritiensi per gli organi olfattorio e gustatorio, che fra gli elementi epitelici della papilla siano insinuate delle piccole cellule nervose bipolari, le quali, mentre avanzerebbero libero nell'endolinfa il loro filiforme prolungamento sovra-epitelico, si continuerebbero in una fibra bicontornata dell'acustico coll'altro loro prolungamento sotto-epitelico. M. Schultze però, a cui dobbiamo queste risultanze, confessa

di non avere ancora riscontrata la continuazione di quest'ultimo prolungamento colla fibra nervosa dell'acustico, mentre una emanazione del cilio libero dalla supposta cellula nervosa, sfuggita pure ad M. Schultze, sarebbe stata invece riscontrata da Reich e da F. E. Schultze. Analogamente sembrano contenersi quei fascetti del ramo vestibolare, che hanno la loro terminazione circoscritta in quella parte dei sacculi, a cui corrispondono le otoliti.

Il ramo cocleare dell' acustico ha un contegno molto più complicato, che fu descritto per la prima volta da Corti e successivamente studiato da altri osservatori.

La descrizione di questo contegno, facilitata dalle annesse figure prima e seconda, esige la premessa, che la lamina spirale ossea della coclea non si prolunga soltanto in una sola lamina membranosa, per modo da dividere il canal cocleare in una *scala vestibolare* e in una *scala timpanica*, ma prolungasi invece verso la scala vestibolare in due lamine spirali membranose, divergenti verso la parete del canale cocleare, a cui aderiscono. Ne risulta fra le due lamine spirali membranose una terza scala, così detta *cocleare* o *media*, di forma triangolare, posta fra le due scale precedenti, piena pur essa di perilinfa e ricettante la distribuzione terminale dell'acustico o l'organo di Corti, su quella superficie della lamina spirale ossea e della principale lamina spirale membranosa, che è volta verso la scala vestibolare, divisa da essa per la lamina spirale secondaria, che limita la scala cocleare.

Fig. 1.

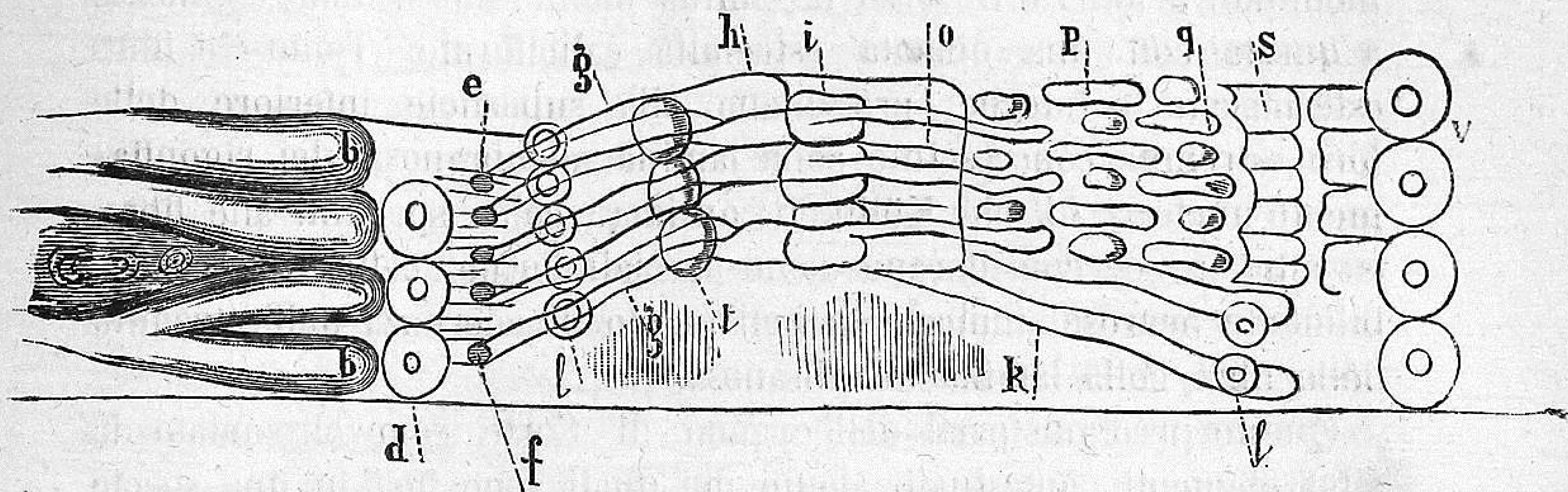


Rappresenta una sezione trasversa della lamina spirale.

La lamina spirale ossea (*B B* fig. 1) è percorsa nel suo interno da un sistema di canali anastomizzantisi e confluenti al suo margine libero in una fessura. Le diramazioni del nervo cocleare *A* decorrono dal modiolo in questi canali ed arrivano per questa fessura alla lamina spirale membranosa. Il periostio cocleare riveste la superficie timpanica e vestibolare della lamina ossea. La lamina membranosa comincia sulla superficie vestibolare in *a*, con un

tratto *a b*, che chiamasi *habenula sulcata*, che è rappresentata da un ingrossamento del periostio vestibolare della lamina ossea e che termina con un margine *b* sporgente nel canal cocleare ed interrotto per modo, da formare (come in *b b* fig. 2) i così detti *denti della prima serie* di Corti. Lunghezza e larghezza di questi denti, di aspetto lucente, vanno gradatamente diminuendo verso l'amulo.

Fig. 2.



Rappresenta la superficie vestibolare della lamina spirale.

Al disotto di essi, che vi formano una specie di volta, decorre i *semi-canale spirale c*, pieno di grandi cellule sferiche *d*, trasparenti e stratificate. Dal fondo del semi-canale si prolunga la lamina membranosa in quella sua parte che Kölliker ha chiamato *habenula perforata* e che mostra alla sua superficie una serie di allungate e paralelle eminenze *e*, che formano i *denti apparenti* di Corti. Verso il margine libero di queste eminenze, nei lievi solchi esistenti fra esse, trovansi dei fori (*f* fig. 2) pel passaggio delle fibre nervose nella scala cocleare. La sezione di lamina membranosa che consegue all'*habenula perforata* è la vera sede dell'organo di Corti, il quale insieme alla detta *habenula* chiamolla *denticolata*, mentre Kölliker la considera separatamente sotto il nome di *habenula tecta*.

L'organo di Corti consta essenzialmente dei *denti della seconda serie* coll'aggiunta di altre forme più complicate e più recentemente determinate. I denti della seconda serie sono delle fibre bacillari arcuate, le quali colla loro estremità terminale sono concresciute colla lamina membranosa, mentre colla loro convessità s'inarcano liberamente nella scala cocleare. Questi denti arcuati, disposti regolarmente in numero di circa tremila, lungo la lamina spirale fino all'amulo, vengono a rappresentare una specie di lunga ed arcuata volta, di cui hanno anche forse in realtà la significazione acustica.

La parte di questa volta più vicina alla lamina ossea consta di una serie di fibre leggermente depresse e rigide (*fibre interne* di

Corti *g*) le quali, uscite dai fori dell'*habenula perforata*, ascendendo ed avanzando, terminano dilatate in *h*. Queste dilatazioni terminali, delle quali ciascuna volge in alto una concava superficie quadrilatera, sono tanto strettamente contigue fra loro, da formare un orlo continuo, e nella superficie anzidetta ricettano l'origine delle *fibre esterne* di Corti, le quali cominciano rigonfie in *i* e prolungandosi in forma di flessibili e cilindriche fibre *k*, discendono lievemente incurvate a lettera *S* verso la lamina membranosa, onde applicarsi a questa con una dilatata estremità caliciforme. Tanto le fibre esterne che le interne, presentano alla superficie inferiore delle loro estremità concresciute colla lamina membranosa dei rigonfiamenti nucleari *l l*, che Kölliker considera come spettanti alle fibre, ed altri invece considerano come speciali forme cellulari, probabilmente nervose, innicchiate nell'angolo di aderenza dell'estremità delle fibre colla lamina membranosa.

Queste precipue parti dell'organo di Corti sono circondate da altri elementi contestuali, alcuni dei quali sono fusi in una specie di membrana tesa sulla volta dentale paralellamente alla lamina membranosa, altri si estendono dall'una all'altra di queste membrane, insinuati fra le fibre di Corti.

Ai primi di questi elementi spettano la *membrana di Corti* colla sua continuazione in *lamina reticolare*.

La membrana di Corti *m*, tesa sulla volta dentale, esile e striata, si estende dall'*habenula sulcata* sul semi-canale spirale, per terminare, secondo Kölliker, con una rete di pallide fibre in corrispondenza delle fibre interne di Corti, laddove queste si articolano colle esterne. Quale continuazione della membrana di Corti devesi considerare la *lamina reticolare*, che a guisa di graticcio poliarticolato, incomincia alla estremità articolare delle fibre interne, composta di tante strie concresciute, quante sono queste fibre, e si estende fin oltre l'estremità articolare delle fibre esterne, ove si arresta in un distinto margine rettilineo, per di quivi continuarsi sotto forma di tre serie di bacilli o falangi *o*, *p*, *q*, talmente disposte, che le estremità delle falangi di una serie stanno insinuate fra le origini delle falangi della serie successiva, come dalla fig. 2, con rimanenza di oblunghi ed alterni vani tra le falangi delle diverse serie. Le falangi più esterne finiscono con una specie di estremità articolare in *s*, mentre le più interne sono contigue o concresciute colla loro interna estremità ai capi articolari delle fibre esterne di Corti, e sono ricoperte alla loro origine dalla prima sezione della lamina reticolare.

Con questa lamina tengonsi in rapporto le *cellule di Corti* e di *Deiters*.

Le coniche cellule di Corti sono concresciute colla loro base ai vani della lamina reticolare e si estendono obliquamente verso la lamina membranosa, cui si applicano con esile appendice filiforme. Laddove le basi di queste cellule si applicano alla lamina reticolare, Deiters riscontrò delle serie semi-lunari di cilia, che Kölliker considera come proprie di queste cellule, sulle quali veggonsi tracciate nella fig. 2. Le cellule di Deiters *u*, insinuate fra quelle di Corti, sono cellule fusiformi, che ad ambo le loro estremità si continuano in un esile filamento, di cui il superiore si dirige alle falangi della lamina reticolata, l'inferiore si fonde con quello della cellula di Corti.

Dopo l'organo di Corti, colle parti essenziali ed accessorie che lo costituiscono, la lamina spirale membranosa si continua nella così detta *zona pectinata*, la quale si applica con due distinte lamine, circoscriventi uno spazio triangolare, alla parete cocleare, formando il *legamento spirale* e portando superiormente delle grandi cellule sferiche *v*, analoghe a quelle che riempiono il semi-canale spirale. Vuole il Deiters che a queste cellule si applichi, per mezzo di filamenti, la lamina reticolare.

Quanto al ramo cocleare dell'acustico, si sa che forma un plesso nello spessore della lamina spirale ossea; si sa pure, che prima di uscire da questa lamina per entrare nella membranosa, sono le sue fibre intersecate da numerose cellule, che formano l' *habenula gangliare;* si sa parimenti che dopo questa zona le fibre nervose plessiformi dapprima, poi paralelle, dirigonsi alla fessura della lamina ossea, escono dai fori dell'*habenula perforata* nel canale cocleare, per quivi trasformarsi in esilissime fibrille varicose, quali vedemmo per la cresta acustica dei sacculi. Se e come del resto queste fibrillari continuazioni delle fibre acustiche si tengano in rapporto con qualcuno degli elementi essenziali od accessorii dell'organo di Corti, è ancora sconosciuto, o quanto meno appena ipoteticamente disquisito.

II. — **Condizioni del suono.**

§ 41. *Vibrazioni ed onde sonore.*

Il suono non esiste fuori di noi. Esiste solo in quanto è una sensazione destata in noi dalla eccitazione del nervo acustico per mezzo di una serie di vibrazioni, che dal corpo sonoro si estendono per l'apparato acustico fino a questo nervo.

Le vibrazioni molecolari che possono insorgere e trasmettersi tanto nell'aria, quanto nei corpi liquidi e solidi, purchè dotati di conveniente elasticità, sono quelle che danno origine alle onde sonore od acustiche.

Si distinguono onde *da condensazione e rarefazione* o *longitudinali*, ed onde *da inflessione* o *trasversali*.

Sono onde longitudinali od onde da condensazione e rarefazione quelle in cui la vibrazione trasmettendosi da una molecola precedente ad una molecola successiva, invade una serie di molecole nella estensione della quale il medio formato da esse si modifica nella sua densità. Immaginando infatti che le molecole di un medio sieno rappresentate da una serie longitudinale di 1 a 100 e supponendo che una forza premente agisca sulla molecola 1, si determina un tale spostamento molecolare, per cui mentre alcune molecole entrano in una prima fase positiva o di ravvicinamento, con aumento di densità del medio, altre passano ad una seconda fase regressiva o di allontanamento, con diminuzione di densità del medesimo.

Sotto la immaginata forza premente, questo spostamento avviene per un certo tratto compreso fra le molecole 1 a 10 in un primo tempo, decorrente fra l'inizio della pressione e quello dell'equilibrio molecolare in questo tratto, dando luogo ad un'onda di condensazione e di rarefazione, la cui lunghezza è rappresentata da quella del tratto medesimo. Ma mentre la molecola 10 è ritornata con tutte le precedenti al suo equilibrio statico, trasmise nel suo spostamento un impulso alla molecola 11, che pure si sposta e determina la insorgenza di un'altr'onda in un secondo sistema di molecole e così via. La vibrazione molecolare ha luogo in questo caso nella stessa direzione in cui si trasmettono le onde nel medio vibrante, per cui furono anche designate da Chladni col predicato di longitudinali.

Nelle onde da inflessione o trasversali vi ha soltanto spostamento di molecole senza alterazione della loro distanza reciproca, e senza modificazione quindi della densità del mezzo. Alla trasmissione dell'urto il corpo urtato non fa che inflettersi, come avverrebbe di una corda tesa, in cui le molecole oscillano trasversalmente come un pendolo verso ed oltre la posizione normale e viceversa, con vibrazioni che regolarmente si ripetono e nelle quali le molecole hanno tutte una eguale tendenza ad avvicinarsi od allontanarsi dal loro equilibrio statico, trovandosi così tutte contemporaneamente nella medesima fase positiva o negativa.

Molte volte la sonorità dei corpi tiene alla contemporanea insorgenza delle due specie di onde, motivo per cui questi corpi subiscono modificazioni di forma e densità.

Sono *onde statiche* quelle che insorgono dall' incrociamento di onde dirette e riflesse. Queste onde hanno *nodi* di incrociamento, a cui corrispondono le massime condensazioni o rarefazioni.

§ 42. *Propagazione delle onde sonore.*

Le onde sonore si propagano con una velocità di circa 300 metri al minuto secondo nell' aria; con una velocità quadrupla nell'acqua, e da 7 a 18 volte maggiore nei corpi solidi capaci di vibrare.

La propagazione delle onde avviene meglio nello stesso mezzo e s' indebolisce per trasmissione ad un altro, tuttochè buon conduttore.

Le onde dei corpi solidi si trasmettono meglio ai corpi solidi ed all'acqua che all'aria, motivo per cui sentiamo il lieve sfregamento del bastone applicato alle ossa del cranio.

Le onde dei corpi liquidi si trasmettono meglio ai corpi solidi che all' aria, motivo per cui quando siamo sommersi udiamo per trasmissione alle ossa del cranio i rumori ingenerati sott'acqua.

Le onde aeree meglio che all'acqua si trasmettono ai corpi solidi, specialmente per l' intermezzo di membrane tese.

Le sensazioni destate dalle onde sonore possono essere rinforzate per *risuonanza*, la quale può avvenire o per aumento di numero, o per aumento di estensione delle onde.

Si verifica la prima, che meglio potrebbe dirsi *consuonanza*, quando udiamo più forte il tono di un diapason battuto ed appoggiato al tavolo; in questo caso il tavolo vibra isocrono col diapason e le sue onde si sommano con quelle di quest'ultimo, ma non sono più intense di esse. Si verifica invece il secondo caso quando le onde sonore si riflettono (per esempio in un ristretto spazio aereo, quale appunto la cassa di risonanza di molti strumenti); le onde riflesse s' incrociano fra loro e colle dirette per modo da derivarne delle onde statiche ad escursioni molto più estese di quelle, che il corpo sonoro potrebbe dare senza risuonanza, anche a perfetta trasmissione.



III. — Azione acustica delle singole parti dell'orecchio.

§ 43. *Cose generali.*

Per gli animali che vivono nell'aria è in genere con questo mezzo che si trasmettono le onde sonore all'apparato acustico, i cui nervi però, lungi dal decomporsi alla superficie del corpo, per venir quivi eccitati come i nervi tattili coll'intermezzo della epidermide, sono raccolti profondamente nel cranio e preservati da qualsiasi immediato contatto coll' aria. Ogni onda acustica quindi, non può giungere ad eccitare il nervo acustico, se non mediante interposte parti dell'organismo. La più ordinaria via di conduzione è rappresentata da un complicato apparato di membrane, di ossa, di cartilagini e di liquidi, interposti fra l' aria e le terminali diramazioni dell' acustico, le quali sulle membrane del vestibolo, delle ampolle e della scala media della coclea, in cui si espandono, vengono ad essere eccitate dalle onde aeree, trasformate in onde liquide del labirinto per l'intermezzo di ossa o membrane (del labirinto, delle finestre). Questa via di conduzione, alla quale si accede per l'orecchio esterno, se è la principale, non è la sola, poichè tutte le onde acustiche battenti contro la superficie del corpo, potrebbero per le interposte parti dell' organismo essere trasmesse ai nervi acustici, se non fosse che la lunghezza del tratto e la poca facoltà conduttrice delle parti medesime, spegne per via molte di queste onde, fra le quali non arrivano all' acqua del labirinto se non quelle che trovansi nelle migliori condizioni di trasmissione, quali sono appunto le onde aeree e meglio ancora le onde solide trasmesse alle ossa del cranio.

Questa trasmissione di onde solide per le ossa del cranio all'acqua del labirinto, fu sempre riguardata per sensibilissima e ne abbiamo una prova nel fatto, che applicando fortemente contro il cranio e meglio ancora contro il meato uditorio esterno la estremità di un bastone, lievemente soffregato all'altra estremità, si ode il rumore di sfregamento, che non odesi invece per onde aeree, quando si faccia un egual grado di sfregamento, senza contatto colle pareti craniche. Meglio ancora riesce questa esperienza applicando fortemente l' orecchio contro un tavolo in corrispondenza di uno de' suoi piedi, e soffregando od urtando leggerissimamente quest'ultimo anche con una setola. Rinne impugnerebbe la maggiore sen-

sibilità di questa maniera di trasmissione con un'altra esperienza: che applicando cioè un diapason contro i denti incisivi superiori, si ode dapprima il tono più intenso di quello avverrebbe se il diapason non fosse applicato; ma poi, quando il tono ha cessato di essere sensibile attraverso i denti, si ode ancora per un tempo relativamente lungo, se si porti il diapason in vicinanza al meato uditorio.

Comunque sia, egli è certo, che mentre la trasmissione solida è rara nell'uomo, che istintivamente l'adopera nei casi di più squisita audizione (come quando si applica l'orecchio contro il terreno di una strada per sapere se essa, anche in lontananza, è battuta) costituisce invece l'ordinario mezzo di audizione per gli animali acquatici, nei quali la via normale di audizione è rappresentata dalle ossa del cranio, che ricevono le onde liquide dell'ambiente e le trasmettono all'acqua del labirinto. Per mezzo delle ossa del cranio udiamo ad orecchi chiusi fortemente la nostra voce, però con timbro modificato.

§ 44. *Azione acustica del padiglione.*

Il padiglione dell'orecchio favorisce l'udito tanto per vibrazione sua propria e trasmissione solida per le pareti del condotto uditorio esterno alla membrana del timpano, quanto per riflessione di onde aeree nel condotto uditorio e successiva trasmissione alla stessa membrana.

Il padiglione rappresenta una lamina di sostanza facilmente vibrante e capace di trasmettere le vibrazioni in causa della sua rigidezza, elasticità e tensione. L'urto contro un punto della superficie di una lamina vibratile, si trasmette in tutte le direzioni della superficie medesima, tanto più fortemente, quanto più l'urto stesso, che potrà essere quindi anche un'onda aerea, ebbe ad agire normalmente sul piano della lamina. Ciò spiega il motivo per cui il padiglione è munito di tante e così svariate prominenze, le quali moltiplicano i punti di percussione verticale in rispetto alle svariate direzioni da cui possono derivare al medesimo le onde aeree, determinanti una vibrazione, che in molta parte dovrà essere trasmessa alle pareti del condotto uditorio esterno.

Il padiglione agisce anche come riflessore di onde aeree in questo condotto. Il come ed il quanto di quest'azione, ammissibile in genere, non è ancora determinato, specialmente per la varietà degli angoli di incidenza delle onde rispetto alle loro molteplici direzioni ed alle multiformi prominenze del padiglione medesimo. Si può soltanto affermare in termini generali, che mentre molte onde so-

nore e specialmente quelle che colpiscono la conca, vengono per la eminenza del trago riflesse al condotto uditorio, molte altre invece vengono per riflessione disperse. Avanzando il padiglione colla mano distesa al di dietro del medesimo, come fanno i sordi, pare si ottenga di accrescere i punti d'incidenza verticale delle onde e di aumentare il numero e condensare le onde proficuamente riflesse. Il padiglione piegato e la mano piegante agiscono in certa guisa da corno acustico, estendendo la superficie riflettente e mettendo il meato uditorio nella direzione più possibilmente normale all'incidenza delle onde. Per la stessa ragione i timidi animali, come i conigli, hanno volta all'indietro la concavità del padiglione per sentire chi li insegue, mentre invece quelli che affrontano la preda hanno volto il padiglione all'innanzi e meglio ancora, al più piccolo rumore, lo tendono in questa direzione.

Per atrofia dei muscoli la mobilità del padiglione è minima nell'uomo, che compie invece dei movimenti di testa, dirigendo al rumore uno degli orecchi, come avviene nell'origliare.

Harless, mettendo un tubo di vetro nel condotto uditorio e coprendo il padiglione con sostanze valevoli ad ammorzare l'onda sonora, vorrebbe non aver trovata alcuna differenza nella finezza d'udito, per modo che, secondo lui, ben poca sarebbe l'azione acustica del padiglione. A risultanze opposte e forse in senso opposto esagerate giunse lo Schneider. Contro Harless può dirsi che egli non ha calcolata la trasmissione solida e la risonanza del tubo di vetro; contro Schneider, che non sembra essere molto sensibile la lesione dell'udito nei molti casi che si conoscono di mancanza dei padiglioni.

§ 45. *Azione acustica del condotto uditorio esterno.*

Il condotto uditorio esterno traduce alla membrana del timpano le onde aeree e solide.

Le prime sono quelle, che dalla fonte sonora, o penetrano direttamente nel condotto, o sono in esso riflesse dal padiglione. Tutte queste onde vengono condensate dalle svariate riflessioni che si fanno contro le pareti di questo canale inflesso e variamente ampio, per modo, da potersi con certezza affermare, che nessuna onda giunge direttamente alla membrana del timpano, senza essersi prima riflessa.

Le onde solide sono quelle che, oltrecchè dalle ossa del cranio, si trasmettono dal padiglione alla membrana del timpano ed anche alle pareti ossee del labirinto per le cartilagini ed ossa del condotto.

È ignoto se e come il cerume agisca sull'udito. Pare che nei

casi di sua scarsezza o mancanza, l'udito perda della sua finezza ed insorga la sensazione di un rumore, che si diminuisce colle injezioni oleose. Vorrebbesi da ciò inferire, che il cerume attuti una eventuale vibrazione delle pareti del condotto, che darebbe luogo al detto rumore, quale si sente, per esempio, al passaggio dell'aria lungo un tubo di porcellana.

Il condotto uditorio è anche organo di risonanza e lo dimostra il fatto indicato da Rinne, che tenendo applicato al cranio un diapason battuto, si ridesta la quasi spenta sensazione del tono al chiudersi del meato uditorio.

Il condotto uditorio esterno è più breve nei fanciulli, e pare che questa circostanza influisca sulla relativa minore finezza dell' udito nei medesimi.

§ 46. *Azione acustica della membrana del timpano e degli ossicini.*

La membrana del timpano ha una estensione di circa 50 millimetri quadrati, forma un angolo di circa 80.° coll'asse del condotto uditorio, obliquando dall'alto e retro-esterno al basso innanzi-interno. Questa obliquità aumenta colla superficie la vibratilità della membrana e favorisce la incidenza verticale su di essa, di un maggior numero di onde riflesse dalle pareti del condotto uditorio. L'azione acustica di questa membrana tesa è evidentemente quella di facilitare la trasmissione delle onde sonore per la catena degli ossicini alla membrana della finestra ovale, che mette al vestibolo e forse anche, per l'aria della cavità del timpano, alla finestra rotonda, che mette alla scala inferiore (timpanica) della coclea. La vibratilità di membrana tesa per onde aeree, è facilmente dimostrabile vedendo saltellare i granelli di sabbia dispersi su essa vibrante per avvicinamento di un diapason, e l'agevolata trasmissione di onde aeree a corpi solidi per l'intermezzo di membrana tesa è pur dimostrabile dal fatto, che si sentono trasmettersi alle dita le vibrazioni di un anello su cui sia tesa una membrana vibrante per avvicinamento di un diapason, mentre invece non si ha o si ha più debole sensazione, se pur tenendo l'anello e vibrando il diapason manchi la membrana.

Si ritiene generalmente che la membrana del timpano, per la sua rassomiglianza con una corda tesa, vibri di prevalenza per onde da inflessione o trasversali (Weber), senza che sia però esclusa la possibilità della sua vibrazione longitudinale.

Oltrecchè alle due finestre, le vibrazioni della membrana del

timpano si trasmettono anche al labirinto per la via ossea di comunicazione col medesimo delle ossa, su cui la membrana del timpano è tesa.

Vista però la maggiore trasmissibilità delle onde solide all'acqua che all'aria, specialmente coll'intermezzo di membrana, è a ritenersi come indubitato, che la principale via di conduzione sia rappresentata dalla catena degli ossicini per la finestra ovale al vestibolo, mentre per la difficile trasmissione delle onde solide all'aria devesi ritenere come affatto secondaria la conduzione alla finestra rotonda, specialmente quando si pensi, che in molti animali a finissimo udito la finestra rotonda è posta molto sfavorevolmente in una cavità secondaria, non comunicante che per fessura con quella del timpano. Müller ha anche dimostrato sperimentalmente, mediante un apparecchio, la prevalente trasmissione solida per la catena degli ossicini nel timpano.

Questa catena di ossicini, che attraverso la cavità del timpano si estende dalla omonima membrana alla finestra ovale, forma senza dubbio la parte più importante dell'apparato di trasmissione.

La possibilità che le onde sonore vengano dalla membrana del timpano trasmesse a questa catena, risulta dall'esperienza di Savart, che eccitando cioè una corda acustica a vibrazioni longitudinali o trasversali, oscillano anche in eguali direzioni (come lo dimostrano i granellini di sabbia) degli assicelli sovrapposti alla corda mediante un perno di legno che li attraversa e li separa. Nè la primitiva direzione delle vibrazioni varia in questi assicelli, comunque sia l'angolo sotto il quale sono dessi congiunti al loro perno. Fosse anco quindi che la membrana del timpano desse onde di condensazione, potrebbero le relative vibrazioni trasmettersi, immutate nella intensità e nella direzione, lungo la catena degli ossicini, comunque siano gli angoli che s'incontrano sulla medesima.

Vista però la prevalente vibratilità della membrana del timpano per onde da inflessione o trasversali, e visto pure che la lunghezza delle onde di quasi tutti i toni della scala è molto grande in confronto delle parti contenute nell' orecchio medio ed interno, così è ammissibile con Weber ed Helmholtz, che tutte queste parti vibrino come un tutto, soggiacendo a spostamenti assai piccoli rispetto all'ampiezza delle onde, per modo che fosse quasi istantanea la trasmissione della vibrazione dalla membrana del timpano all'acqua del labirinto.

Il processo Foli, per i suoi legamenti elastici, è disposto in modo da tendere col manubrio del martello la membrana del timpano a mo' d'imbuto verso la cavità del timpano.

Questa tensione però non è tale da non permettere al processo Foli una rotazione limitata sul suo asse longitudinale.

L'agio di rotazione lasciato al processo Foli era richiesto dalla mobilità del martello, il quale, appena al disotto di un centro di rotazione trasversale riceve sul manubrio, ad angolo pressochè retto col suo asse longitudinale e col piano della membrana del timpano, la inserzione del tensore, dopo che il tendine di questo muscolo ebbe ad aggirarsi, come quello dell'obliquo superiore dell'occhio, sul rostro cocleare. Sotto tali rapporti il muscolo contraendosi non può a meno che roteare il martello sul suo asse trasversale, avanzando verso la cavità del timpano il manubrio e con esso la membrana del timpano, che si tende maggiormente.

Nè questa rotazione viene ad essere ostacolata, come dicemmo, dal processo Foli, atteso l' agio di rotazione lasciato al medesimo da' suoi legamenti. La resistenza che presentano la tesa membrana del timpano e il roteato processo Foli, dovrebbe agire antagonisticamente al muscolo tensore, col rilasciarsi del quale la membrana del timpano dovrebbe riacquistare la sua tensione normale, senza bisogno di un muscolo rilasciatore del timpano, il quale, per il suo attacco al processo Foli, non potrebbe agire altrimenti che roteando longitudinalmente quest' ultimo da sinistra a destra di chi osserva la cavità del timpano dalla sua parete anteriore, onde restituire il martello alla sua normale posizione.

È anche ammessa una rotazione del martello sul suo asse longitudinale, rotazione, che secondo Rinne, avrebbe pur luogo per contrazione del tensore. Considerata pel solo martello questa rotazione sarebbe possibile, ma dovrebbesi prima chiarire, quanto non fu fatto fino ad ora, se sia permessa cioè dai rapporti articolari che passano fra il martello e l'incudine.

Questi rapporti sono rappresentati da un'articolazione a ginglimo con superficie articolare ovale, che dal collo al corpo del martello si aggira col suo massimo diametro dall'esterno, dall'indietro e dall'alto, obliquamente all' interno, al davanti ed al basso. Lungo la linea mediana di questa superficie convessa si estende un solco, nel quale s' insinua un corrispondente rialzo della superficie articolare dell' incudine. Capsula ed eventuali legamenti di questa articolazione non sono ancora abbastanza conosciuti.

Laddove il piccolo processo dell' incudine arriva alla parete della cavità del timpano pare non esista una vera articolazione, ma un semplice legamento, che permette un certo grado di rotazione longitudinale del processo medesimo. L' osso lenticolare invece presenta una piccola superficie articolare convessa, alla quale si adatta

il vertice della staffa, le cui branche sono inegualmente lunghe pel motivo, che la posteriore è più arcuata dell'anteriore.

Partendo dalla considerazione di questi rapporti articolari, Weber opina, che incudine e martello roteino, come se fossero un osso solo, sovra un asse comune passante pel processo Foli al collo del martello e pel corpo dell' incudine al suo piccolo processo, in un piano verticale a quello della membrana del timpano. Ciò essendo, mentre per la rotazione del martello nel modo già detto, si otterrebbe la tensione della membrana del timpano, per la contemporanea rotazione dell'incudine si avrebbe una elevazione del suo processo lungo, ed una pressione della staffa contro la finestra ovale, mentre il contrario avverrebbe sotto il rilasciamento del tensore o se vogliasi, per azione del rilasciatore. Il movimento rotatorio di tensione verrebbe limitato dalla elasticità dei legamenti dei due processi, nonchè dalla elasticità della membrana della finestra rotonda, la quale del resto con un certo grado di cedevolezza permetterebbe un limitato avanzamento della staffa nella finestra ovale, limitato avanzamento, che, per la incompressibilità dell'acqua del labirinto, non sarebbe possibile, se non vi fosse la contro apertura della finestra rotonda. L'avanzamento della staffa nella finestra ovale è pure limitato dalla membranella, per la quale al margine di quest' ultima aderisce la staffa, membranella, che secondo le osservazioni di Rinne, essendo meno larga in corrispondenza della branca anteriore della staffa, oppone quivi maggior resistenza, epperò permettendo un maggiore avanzamento della branca posteriore, farebbe sì, che ad ogni avanzamento la staffa subisse una lieve rotazione sul proprio vertice. Questa rotazione è resa possibile dall' articolazione della staffa, mentre invece, visto il movimento complessivo del martello e dell' incudine sotto l'azione del tensore, non si seppe fino ad ora interpretare l'azione dell'articolazione esistente fra queste due ossa e nemmeno si seppe dire se sia piuttosto il martello che si aggira sull' incudine, o questa su quello. A noi sembra che la presenza di un muscolo tensore e rilasciatore che agiscono sul martello, e la menzionata possibilità della rotazione di quest' ultimo sul suo asse longitudinale, favoriscano il concetto di ritener mobile il martello sull'incudine, anzichè questa sul martello. Forse il tensore, per la obliquità del suo attacco, agisce in doppio senso, roteando cioè il martello sul suo asse trasversale e longitudinale dall'esterno all'interno, col che si otterrebbe certamente (a meno estesi movimenti) un maggior grado di tensione della membrana del timpano.

In base alla descritta disposizione degli ossicini, Weber vorrebbe esclusiva ai medesimi la trasmissione di onde da inflessione, per le

quali, la membrana del timpano avanzando nella omonima cavità, avanzerebbe pure il manubrio del martello, ed elevando il lungo processo dell'incudine, spingerebbe la staffa contro la finestra ovale fino a tanto che lo permettesse la resistenza opposta dalla membrana della finestra rotonda, mentre il contrario avverrebbe ad ogni retrarsi della membrana del timpano verso il condotto uditorio. Sarebbero quindi avanzamenti ed arretramenti periodici della staffa quelli che determinerebbero la insorgenza di onde liquide nell'acqua del labirinto.

Müller invece ed Harless, invocando la citata sperienza di Savart sulla trasmissione immutata delle vibrazioni in sistema di assicelli applicati a corda vibrante, vorrebbero che tanto la membrana del timpano, quanto la catena degli ossicini agiscano per onde longitudinali.

Visto però, come per la peculiarità del suo attacco, che la rassomiglia ad una corda tesa, la membrana del timpano debba ritenersi di prevalenza vibrante per onde trasversali, non potrà negarsi, che essa possa colle sue inflessioni agire sulla finestra rotonda, mediante il già descritto movimento degli ossicini. Ciò non esclude che tanto la membrana del timpano, quanto la catena degli ossicini, possano entrare contemporaneamente in vibrazione longitudinale, la quale però, ove avesse dovuto essere la prevalente, avrebbe richiesto un più razionale apparato di trasmissione. Poichè in allora sarebbe stata molto più opportuna la interposizione fra la membrana del timpano e la finestra ovale, di un corpo solido unico, anzichè di tre ossa articolate, le quali, mentre con tale disposizione non danneggiano la trasmissione per onde inflesse della membrana del timpano, arrecano il vantaggio di aumentare colla tensione la vibratilità di quest'ultima.

Vedemmo come questa tensione della membrana del timpano si ottenga per trazione esercitata sul manico del martello dalla contrazione del tensore del timpano. Müller desume la natura volontaria di questo muscolo, dalla sua struttura striata, dalla provenienza de' suoi nervi (5.° pajo) e da un rumore peculiare che indicherebbe la sua contrazione, e che si può indurre volontariamente quando sotto sforzi espiratorii, spingendo aria per la tuba Eustachiana nella cavità del timpano, premiamo la membrana del timpano verso il condotto uditorio ed eccitiamo quindi l'antagonistica azione del tensore. Se la struttura del muscolo e la provenienza de' suoi nervi sono argomenti poco valevoli ad accertarne la natura volontaria, meno valevole ancora è quest'altro argomento del rumore che s'induce forzando la espirazione. Müller infatti vorrebbe

che questo rumore indicasse la contrazione del muscolo e non l'arrovesciamento della membrana del timpano verso il condotto uditorio, perchè lo si sente non nel momento in cui colla espirazione forzata si preme l'aria nella cavità del timpano, ma in quello in cui cessando da essa, entra in azione il tensore per ritornare la membrana alla sua tensione normale. Funcke al contrario sente questo rumore al principio della espirazione, durante la quale, per la tensione esterna della membrana del timpano, ode un tono peculiare, che può essere fatto più intenso aumentando la pressione. Egli, per la rassomiglianza che trova fra questo rumore e quello delle articolazioni, inclinerebbe quasi a ritenere che potesse essere prodotto da un allontanamento dell'articolazione del martello, che tratto fortemente in fuori dalla membrana del timpano, non potrebbe essere seguito dall'incudine per la relativa immobilità della staffa. Noi, diversamente dai precedenti autori, sentiamo il rumore due volte; al cominciare, cioè, ed al cessare della espirazione; sentiamo pure il tono peculiare durante la espirazione e nel volgere di essa abbiamo anche la sensazione di un soffio indotto certamente dal passaggio dell'aria nella tuba eustachiana. Noi per parte nostra non dubitiamo di attribuire i due rumori ai due opposti movimenti di tensione della membrana del timpano, e ciò tanto più, quanto chè possiamo avere un rumore analogo quando la membrana del timpano riacquista la tensione normale, dopo di essere stata tesa fortemente all'interno, mediante rarefazione dell'aria della cavità del timpano con forzata inspirazione. Comunque sia però la causa che determina questo rumore, e vogliasi pure attribuirlo alla contrazione del tensore, non prova ciò menomamente la sua natura volontaria, senza che per questo possa impugnarsi che tale sia realmente.

Nè ciò avviene soltanto pel tensore, ma per molti altri muscoli, la cui natura volontaria desumiamo indirettamente dal volontario sviluppo delle loro azioni (come pei muscoli vocali) e potremmo pure indirettamente desumere pel tensore, se ci fosse dato di designare l'ottenimento volontario di una qualche azione acustica, il cui svolgimento fosse impossibile senza la contrazione del tensore.

Al diverso grado di tensione della membrana del timpano, epperò all'azione del tensore, devesi l'adattamento di essa alla diversa intensità dei toni e la modificazione della sua consuonanza.

Il primo assunto risulta dalla ottusità d'udito che s'induce, tendendo la membrana del timpano con una forzata espirazione od inspirazione a bocca e narici chiuse. La crescente tensione di questa membrana diminuisce quindi la sua recettività per le onde sonore e la sua facoltà di trasmissione al nervo acustico.

Il secondo assunto esige la premessa: che l'ottusità d' udito da forte tensione della membrana del timpano è maggiore pei toni bassi, minore per gli alti. Questa differenza si deve ai diversi rapporti di consuonanza contemporanea al tono, o di risuonanza postuma al medesimo. È noto, che se vicino a corda o membrana tesa si eccita un tono, che corrisponda al numero di oscillazioni di cui è capace in tempo dato la corda o la membrana, o stia con questo numero in rapporto semplice, queste consuonano. Sarebbe ora assai limitata la percezione dei toni, se la membrana del timpano fosse capace di ricevere e trasmettere soltanto quelli, che corrispondono alla di lei consuonanza, essendo per la sua piccolezza e tensione (anche a rilasciato tensore) tanto alto il suo tono, da non essere opportunamente condizionata alla consuonanza per il maggior numero dei toni che la colpiscono. Ciò tanto meno, agendo il tensore. La membrana del timpano invece vibra per qualsiasi tono anche bassissimo, con vibrazioni, che per ogni qualità di tono sono nella loro escursione proporzionali alla intensità del tono medesimo, attalchè noi ne giudichiamo la intensità dalla estensione delle sue vibrazioni. Per la esattezza della percezione era però anche necessario che la membrana del timpano non desse una risuonanza postuma. Ora: onde la membrana del timpano vibrasse con una forza corrispondente alla intensità dei toni di qualsiasi altezza: onde la forma delle sue corrispondesse esattamente a quella delle vibrazioni che la colpiscono: onde finalmente non vi fosse risuonanza, doveva essere eliminata la influenza dei rapporti che passano fra l'altezza del tono proprio della membrana e quella del tono esterno. A tale scopo agiscono, opponendosi alla sua consuonanza, gli organi contigui alla membrana del timpano; i quali se intensamente agiscono, portano è vero una grande diminuzione di consuonanza, ma aumentano anche la indipendenza dall'altezza del tono primitivo. Il manico del martello e la catena degli ossicini, sono appunto gli organi che agiscono in questo senso; poichè mentre il timpano solo, come qualsiasi altra membrana, consuonerebbe intensamente soltanto col tono proprio o coi toni vicini e vibrerebbe invece in modo relativamente assai debole per tutti gli altri toni e specialmente pei più bassi, il martello agisce in guisa da farla vibrare debolmente, ma pressochè in egual grado per tutti i toni possibili. Nè questo indebolimento delle escursioni vibratorie della membrana è dannoso, ma utile anzi alla percezione, poichè gli organi del labirinto sono tanto sensibili, da bastare delle debolissime onde liquide per destare una sensazione intensa e da riuscire anzi dannose se fossero più forti. Il manico del martello poi, insinuato

fra le lamine del timpano, agisce pure come un moderatore, che ne spegne la risuonanza postuma, coadjuvato in ciò dal peso della sua testa e dalla resistenza che pel suo stato di torsione, in causa della mancante articolazione, oppone il processo Foli alla rotazione del martello.

Ciò malgrado la membrana del timpano, nella estensione delle sue vibrazioni non si mantiene indipendente dall' altezza dei toni esterni. Sentiamo infatti più intensamente i toni alti che i bassi, tuttochè sia eguale la loro intensità objettiva, ed abbiamo pure, e forse in maggior grado, questa differenza, tendendo la membrana del timpano coll'accennato mezzo della forzata inspirazione.

Siccome ora il tensore agisce pure in questo senso, così possiamo ritenerlo quale un muscolo, il quale tende a moderare la vibratilità della membrana del timpano, ottenendo specialmente questo scopo pei toni bassi. Ed è verosimile assai che anche il tensore, come il costrittore dell' iride, agisca riflessoriamente, o dal nervo acustico, nel quale caso alla sua azione precederebbe la sensazione di toni intensi; ovvero dai nervi sensitivi del condotto uditorio per vibrazione degl'*hirci*, nel qual caso l'organo acustico potrebbe forse predisporsi alla intensità del tono, senza previa sensazione.

Non meno e forse più incerta di quella del tensore è l' azione del muscolo stapedio, innervato dal 7.° Vista però la direzione e l'attacco di questo muscolo, che dalla eminenza piramidale avanza obliquamente inserendosi alla testa della staffa quasi rettangolarmente al suo asse, parebbe, che contraendosi dovesse tendere ad arretrare quest' ultima; e come il pedale della staffa è fisso alla finestra ovale, così non potrebbe aver luogo che un movimento a leva, colla potenza al vertice della staffa, coll' ipomoclio alla sua branca anteriore e colla resistenza alla branca posteriore, che s'approfonderebbe nella finestra rotonda. La maggiore libertà lasciata a questa branca dalla maggiore estensione della sua zona membranosa, rende verosimile questo meccanismo dello stapedio, il quale acusticamente sarebbe, come il tensore, un moderatore, perchè fissando la staffa alla membrana della finestra ovale, ne risulta una diminuzione della sua vibratilità ed una tensione della membrana della finestra rotonda, per le quali condizioni si modera la intensità delle onde liquide del labirinto. Harless considera anzi come principale effetto della contrazione dello stapedio la tensione della membrana della finestra rotonda, mentre invece Toynbee inferirebbe che lo stapedio diminuisca la tensione della membrana della finestra rotonda e dell'acqua del labirinto dal fatto, ch' egli crederebbe avere osservato, di un debole ritirarsi, cioè, per trazione

sullo stapedio, dell'acqua della coclea perforata. Con analoga esperienza, perforando cioè un semi-canale, Politzer avrebbe constatata pel tensore una opposta azione, al veder crescere la perilinfa sotto la eccitazione del trigemino.

L'aderenza della staffa alla finestra ovale impedisce il suo soverchio allontanamento dalla medesima nelle forti tensioni esterne della membrana del timpano e ne abbrevia l'escursione vibratoria, che è calcolata a solo 1/18 di millimetro per quest'osso, mentre salirebbe a 1/2 mill. per il lungo processo dell'incudine.

§ 47. *Azione acustica della cavità del timpano e della tuba d'Eustachio.*

Al compimento delle azioni acustiche devolute alla membrana del timpano ed alla catena degli ossicini, era necessario che queste vibrassero in uno spazio libero, ed era pure necessario che l'aria esistente in questo spazio fosse in comunicazione coll'aria esterna, per mezzo della tuba eustachiana, onde mantenendosi sempre equilibrata la pressione delle due arie, non ne venisse alterata la normale tensione della membrana del timpano. È infatti assai facilmente divinabile, quanto sfavorevoli sarebbero state le condizioni acustiche in un'aria timpanica isolata, la quale non solo avrebbe lasciata esposta la membrana del timpano a tutte le variazioni di tensione inerenti alla variante pressione dell'aria atmosferica, ma essa stessa compressa dalle vibrazioni della membrana timpanica, avrebbe opposto una resistenza a queste vibrazioni non solo, ma avrebbe anche ostacolata la cedevolezza della membrana della finestra rotonda ad ogni pressione della perilinfa.

Da queste considerazioni risulta già per sè stessa la necessità della esistenza di una cavità timpanica piena d'aria comunicante coll'aria esterna per la tuba eustachiana, la quale non manca in tutti gli animali che hanno una cavità del timpano.

Malgrado queste azioni che pienamente giustificano la presenza di una tale cavità, si vollero attribuirgliene altre, che sono più o meno contestabili.

Si volle, per esempio, che l'aria timpanica agisse essa pure da conduttrice del suono. Che essa vibri alle vibrazioni della membrana del timpano è indubitabile, ma è contestabile che tali vibrazioni giungano fino al labirinto. Prescindendo dalla non dimostrata possibilità di una trasmissione alle sue pareti solide, la più comune via indicata per questa trasmissione sarebbe la membrana della

finestra rotonda, la quale però è a quest'uopo molto infelicemente ubicata, perchè non trovasi nella direzione della più intensa trasmissione delle onde destate dalle vibrazioni della membrana timpanica. Poi la membrana della finestra rotonda, per agire in questo senso, avrebbe dovuto cedere alle vibrazioni timpaniche ed inflettersi verso il labirinto, precisamente nello stesso tempo, in cui, per la pressione esercitata sulla perilinfa dalla staffa, dovrebbe cedere in senso contrario verso la cavità del timpano.

Ammesso pure che una delle due opposte azioni resti superiore, e non potrebbe essere che quella derivante dalla staffa, l'utile emergente dal loro cozzo sarebbe interpretabile soltanto nel senso, che le vibrazioni della membrana della finestra rotonda moderassero la soverchia forza delle onde liquide destate dalla staffa. S'aggiungano inoltre a questo proposito le considerazioni già esposte al § precedente.

Si volle pure attribuire alla cavità del timpano la facoltà di rinforzare le onde sonore per riflessione, trattandosi specialmente, che per la difficile trasmissione delle onde aeree ai corpi solidi, le onde insorte nell'aria timpanica dovrebbero in molta parte essere riflesse dalle pareti della omonima cavità. Questo è vero, ma è pur vero che perchè una riflessione rinforzi l'onda acustica deve con questa, o con l'onda direttamente derivante dalla membrana del timpano, incontrarsi l'onda riflessa; tutte le altre riflessioni che possono aver luogo fra le diverse onde ridestate nella cavità del timpano non hanno a che fare colla sensazione. Ora la grandissima irregolarità delle pareti della cavità del timpano osta ad ammettere un regolare incontro delle onde ch'esse riflettono con quelle che direttamente provengono dalla membrana timpanica. Che se anche ciò non fosse, ed avvenisse che le onde timpaniche si riflettessero regolarmente sulle onde della membrana del timpano, tale riflessione, anzichè rinforzare, indebolirebbe queste ultime pel motivo, che in causa dei rapporti che passano fra la loro lunghezza e le esili dimensioni della cavità timpanica, le onde riflesse s'incontrerebbero colle onde della membrana del timpano prima che queste ultime l'avessero superata, epperò, rinforzando la parte passata dell'onda, metterebbero un ostacolo alla progressione della parte passante. Ciò non avverrebbe, e la riflessione porterebbe realmente un rinforzo, se un'onda riflessa da rarefazione s'incontrasse con un'onda diretta da condensazione, ma prescindendo anche dalla dispersione delle onde riflesse, è impossibile che ciò avvenga regolarmente in causa delle relativamente troppo esigue dimensioni della cavità del timpano.

Più verosimile sarebbe, specialmente se vi si prestasse la forma

di questa cavità, che le onde secondarie destate nella medesima, riflesse sulla tuba eustachiana, trovassero per essa uno sfogo all'esterno.

La tuba eustachiana è formata da una membrana fibrosa, con una vôlta cartilaginea, per la quale resta sempre, tuttochè esilmente, pervia. Come però dalla inferior parete membranosa della tuba dipartono i muscoli tensore ed elevatore del velopendolo, e come i muscoli faringo-palatini lo fissano quando nella deglutizione è teso ed elevato, così diventa mobile in questo tempo la parete inferiore della tuba, che si apre quindi ad ogni movimento di deglutizione. Operando questo movimento a bocca e narici chiuse, la rarefazione dell'aria faringea determina l'uscita dell'aria timpanica per la tuba, ed una conseguente tensione della membrana del timpano verso la omonima cavità. In questo momento lo sbocco della tuba è aperto, e Politzer suggerisce la possibilità d'introdurvi (a scopi terapeutici) una forte corrente aerea, quando passando per una delle narici alla faringe un tubo a rubinetto comunicante con serbatojo di aria compressa, si apra il rubinetto, nel momento in cui mediante la deglutizione, si schiudono gli sbocchi della tube.

È in questo stato di schiudimento delle tube con una corrente d'aria che si sentono fortissimi e come ingenerantisi nell' orecchio i toni destatisi nella laringe per la propria voce. In condizioni ordinarie noi udiamo questa come quella del nostro interlocutore, senza ammettere che le tube agiscano in questo senso, di farci sentire, cioè, la nostra voce. L'esperienza che portando un orologio nel profondo delle fauci non lo si sente o lo si sente ben poco, dimostra anzi che in condizioni ordinarie, quando le pareti della tuba sono quasi addossate, non v'ha o v'ha ben poca trasmissione per esse. Un tono vocale invece si sente molto intensamente in quel momento, nel quale chiudendo rapidamente le narici si amplificano espiratoriamente le tube. In allora la trasmissione ha luogo e la intensità della sensazione dipende probabilmente da un incontro e conseguente rinforzo delle onde riflesse dalla membrana e dalle pareti del timpano.

§ 48. *Azione acustica del labirinto.*

Ogni onda sonora trasmessa al labirinto, tanto per la via del timpano, quanto per quella delle ossa del cranio, si trasforma in onda liquida prima di raggiungere le diramazioni terminali dell'acustico, non escluse le cocleari. Ad ogni movimento della staffa devono quindi ridestarsi nella perilinfa delle onde, le quali per ogni direzione si trasmettono in tutte le parti del labirinto, non

esclusa la coclea, a cui accedono per la scala vestibolare, e si trasmettono tanto per l'*helicotrema*, quanto per il canale cocleare alla scala timpanica, alla fine della quale si ammorzano per la cedevolezza della membrana della finestra rotonda.

Oltre a questo, ben poco di certo sappiamo della forma, forza, direzione e riflessione delle onde nelle diverse parti del labirinto; poco del loro passaggio alle membrane nervifere, del loro contegno agli otoliti, e meno ancora del loro modo di agire sui nervi.

L'idea dominante un tempo ed oggi temperata da quanto dicemmo sull'azione moderatrice del martello, che si esigessero onde intense per la sensazione, condusse i fisiologi, e Müller specialmente fra questi, a stabilire con apparecchi artificiali, riproducenti le diverse parti del labirinto, se nel medesimo avesse luogo una risuonanza per riflessione. Müller, per esempio, ebbe a determinare che un suono destato in un cilindro di vetro pieno d'acqua ed immerso nell'acqua, rinforzato per riflessione dalle pareti, si sente più intenso in vicinanza di esse. Ma sonvi poi nel cilindro condizioni eguali a quelle della coclea e dei canali semi-circolari, in ciò che spetta principalmente al rapporto fra la lunghezza delle onde e l'ampiezza degli indicati canali?

Quanto alle ampolle possiamo dire, che i nervi emergenti colle terminazioni ciliari verso il loro centro, sono convenientemente ubicati per la stimolazione, sapendosi che onde trascorrenti in canali, decorrono immutate lungo il loro asse. Con questo però non sappiamo a che servano i canali semi-circolari, nè li possiamo ritenere dirigenti le onde alle ampolle, che anche senza di essi le ricevono direttamente dal vestibolo, tuttochè la loro applicazione appunto alle medesime, che sono così ricche di nervi, debba far presumere che siano in qualche maniera implicati nell'azione sensoria. La disposizione dei semi-canali, favorevole a ricevere onde da qualunque direzione, fa credere a Rinne, che siano appunto chiamati a trasmettere ai nervi delle ampolle le onde solide provenienti dai diversi punti del cranio.

Non merita considerazione l'ipotesi, che possano i semi-canali avvertirci della direzione del suono, non essendo per nulla la direzione esterna delle onde sonore collegata alla direzione di quelle dell'orecchio interno. Qualunque sia infatti la direzione esterna del suono, si destano nell'orecchio onde che invadono tutto il labirinto.

Rispetto all'azione della coclea, le opinioni hanno dovuto modificarsi colle conoscenze acquistate alla scienza specialmente da Corti, sul contegno dei nervi cocleari. Quando credevasi che questi nervi terminassero nella parte ossea della lamina spirale, ritenevasi (spe-

cialmente per opera di Weber) che la coclea fosse chiamata a raccogliere le onde solide dalle ossa del cranio e trasmetterle pel modiolo e per l'un giro della lamina spirale ai giri successivi, precisamente come Savart aveva dimostrato la trasmissione dall' uno all'altro di varii assicelli circolari congiunti a qualche distanza fra loro per mezzo di un perno centrale. Scopertosi però che i nervi cocleari terminano alla zona membranosa, senz'essere ad essa aderenti o insinuati nel suo contesto, ma liberi su di essa e forse comunicanti con qualcuna delle molte parti che costituiscono il complicato organo di Corti, non solo doveva svanire l'idea che i nervi cocleari si trovassero in condizioni più opportune di qualsiasi altro nervo del labirinto per ricevere le onde solide trasmesse dal modiolo alla zona ossea della lamina spirale, ma doveva subentrare quella, che il prevalente trasmissore della eccitazione dei nervi cocleari fosse, come per gli altri nervi del labirinto, la perilinfa. E forse l'ondulazione sua nel canal cocleare non è che una semplice riproduzione delle vibrazioni della membrana del timpano e quindi anche dell' aria e del mezzo sonoro. L'onda entrante per la scala vestibolare si trasmette per via alla membrana che limita il canal cocleare, in cui si trovano i nervi, e per la linfa in esso contenuta alla zona membranosa della lamina spirale ed alla linfa della scala timpanica, cui possono pur derivare dalla scala vestibolare onde ammorzate per l'helicotrema.

Visto però che nella coclea abbiamo una disposizione nervosa ben diversa da quella delle ampolle e dei sacculi del vestibolo, doveva sorgere naturale il pensiero, che nella coclea stessa la sensazione acustica assumesse qualche cosa di specifico e di diverso da quello che avesse per avventura potuto emergere dall'azione dei nervi vestibolari. Una tale disposizione infatti, qual' è quella dei nervi cocleari regolarmente schierati come i tasti di un piano sovra una lamina della lunghezza di circa 40 millimetri, nella direzione del decorso dell'onda, non può a meno che avere una determinata significazione. Helmholtz nel suo classico lavoro di acustica fisiologica, l'ha interpretata nel senso, che la coclea rappresenti l'organo acustico musicale, destinato a procurare la percezione dell' altezza dei toni, in quanto decompone un' onda mista, risultante dalla combinazione di molti toni semplici contemporanei e variamente alti, ne' suoi componenti, traducendo ciascuno di essi in una corrispondente sensazione di tono. E invero l' organo di Corti è una tastiera di circa 3000 tasti, ciascuno dei quali eccita una speciale fibra nervosa, con sensazione di tono d' altezza determinata; fibra nervosa, la quale del resto non può, per mezzo del corrispondente

elemento dell'organo di Corti, entrare in azione, se non per un'onda corrispondente a questa medesima altezza di tono. Su questo argomento ci diffondiamo colla debita estensione al § 54.

Pare che l' udito vada intieramente perduto negli uccelli colla distruzione della coclea, non invece con quella dei canali semi-circolari, la cui lesione, secondo Flourens, sarebbe causa di alterazione dell' equilibrio del corpo. L'esportazione del semi-canale orizzontale, specialmente se bilaterale, provocherebbe dei movimenti alterni del corpo e del tronco da destra a sinistra e viceversa, mentre la esportazione del semi-canale verticale trarrebbe seco dei movimenti a pendolo della testa in direzione verticale. Questi fenomeni, insieme alla perdita del volo, durano per dei mesi. Quando la distruzione sia molto estesa, può anche andare perduta la stazione. Hanno pur luogo alterazioni di equilibrio nel salto della rana in seguito alla recisione de' suoi nervi acustici.

Sensazioni acustiche.

§ 49. *Tono.*

Il *tono* è una sensazione acustica destata da non meno di due vibrazioni regolari e periodiche. Il tono esiste quindi soltanto in quanto esiste un apparato ed un centro di sensazione acustica.

Una sola vibrazione non basta alla produzione del tono, perchè, secondo le ricerche di Seebeck, non è che la distanza fra l' inizio di due periodi vibratorii quella che ne determina l' altezza. Ciò è anche sperimentalmente dimostrabile colla sirena o colla ruota di Savart, dalla quale non si ottiene tono per urto di un sol dente, mentre lo si ottiene invece per quello di due denti ad intervallo compreso nei limiti della percettibilità dell'altezza dei toni.

Ogni vibrazione regolare e periodica può dar luogo ad una forma semplice di onda sonora, nella quale, l' oscillazione delle molecole aeree corrisponde esattamente alla oscillazione del pendolo. In questo caso abbiamo il *tono semplice*, differenziabile dal *tono composto* o *musicale*, nel quale abbiamo delle vibrazioni più complicate, che si possono riguardare con Fourier ed Ohm, come risultanti dalla somma di tanti toni semplici, o di tante oscillazioni a pendolo di diversa velocità e forza.

Infatti, molti sistemi di onde a diversa durata ed estensione di vibrazione, sommandosi, possono dare una forma di movimento diverso da quello a pendolo dei toni semplici. Questa forma di movimento la si può, per esempio, determinare, facendo vibrare per

modo una corda, ch'essa vibri dapprima in tutta la sua lunghezza, poi in minor grado ciascuna delle sue metà. Le vibrazioni della corda intiera danno le onde maggiori, quelle delle metà le minori del doppio più frequenti, che minori e più frequenti ancora diventerebbero se vibrasse soltanto una terza od una quarta parte della corda. Di questa guisa in tutti gli strumenti musicali, con un tono semplice fondamentale, insorgono sempre degli altri toni semplici accessorii più deboli e molte volte assai numerosi, che danno una risultante forma complicata di movimento. Questi toni accessorii sono sempre più alti del tono fondamentale, epperò diconsi anche *sopra-toni*. Perchè dal tono fondamentale e da essi risulti il tono musicale, devono questi ultimi essere *armonici*, ovvero sia il numero delle loro vibrazioni deve star sempre in un rapporto semplice col numero delle vibrazioni del tono fondamentale.

In ogni tono composto si distingue l'*altezza*, la *intensità* ed il *timbro*.

L'altezza dipende dalla durata o dal numero delle vibrazioni; il tono è tanto più alto, quanto è minore la durata o maggiore il numero di esse.

La intensità del tono tiene invece alla estensione delle vibrazioni, per modo da essere maggiore la intensità col crescere della estensione.

Difatti, il tono dato da una corda tesa va facendosi sempre meno intenso dal tempo in cui venne urtata, e vanno pure con questo tempo limitandosi le sue vibrazioni. Il motivo per cui sentiamo meno intenso il suono lontano, si è che nella loro trasmissione le vibrazioni vanno gradatamente ammorzandosi contro le resistenze.

La intensità del tono è proporzionale al quadrato di escursione della vibrazione, per modo, che ad una escursione di 5 o di 10, corrisponde una intensità di 25 o di 100. La crescente intensità è più distinguibile pei toni alti che pei bassi. Si distinguono sempre due intensità che si comportano come 100 : 72, mentre non si distinguono che dalla metà degli uomini delle intensità, che si comportano come 100 : 92.

Per lo studio della intensità dei toni Renz e Wolff usarono dell'orologio a diversa distanza dall'orecchio, premesso che le intensità si comportano in ragione inversa del quadrato della distanza dell'agente acustico dall'orecchio.

Il timbro del tono è quella sua peculiarità acustica, per la quale possiamo distinguerne la provenienza, piuttosto da un cembalo, che da un violino, un flauto, ecc. Esso tiene al numero ed alla relativa intensità dei sovratoni.

Questi tre fattori che spiegano tutte le differenze dei toni musicali, si lasciano ridurre a due soltanto, vale a dire alla durata ed alla estensione delle vibrazioni, essendo, come dicemmo più sopra, dimostrabile, che la forma di movimento di un tono composto, risulta soltanto dalla sovrapposizione di onde a diversa durata ed estensione di vibrazione, ciascuna delle quali è riducibile alla forma del pendolo o del tono semplice. Ne verrà, che il tono semplice non potrà distinguersi che nell'altezza e nella intensità, e siccome tutti i nostri strumenti musicali hanno sempre più o meno timbro, così dovrà inferirsi ch'essi non danno dei toni semplici.

Secondo Helmholtz si determina una oscillazione dell'aria che si avvicina a quella del pendolo e quindi un tono vicinissimo al semplice, quando si tiene un diapason battuto sovra un tubo di risonanza, regolato sul tono del diapason. È molto simile al tono del flauto o alla *u* della voce umana.

Colla scala musicale esprimiamo la facoltà di distinguere l'altezza dei toni.

La scala è divisa in ottave, per modo, che i numeri delle vibrazioni spettanti alle succedentisi ottave si comportano come 1, 2, 4, 8, ecc.

Le divisioni principali di ogni ottava in rapporto col numero delle vibrazioni sono le seguenti:

Tono fondamentale	II.ª	III.ª	IV.ª	V.ª	VI.ª	VII.ª	VIII.ª
1	$^9/_8$	$^5/_4$	$^4/_3$	$^3/_2$	$^5/_3$	$^{15}/_8$	2.

Ad ogni vibrazione del tono fondamentale corrispondono $^9/_8$ della seconda, $^5/_4$ della terza e così via. Questi rapporti sono costanti per tutta la scala musicale, vale a dire che ad eguali aumenti relativi del numero delle vibrazioni corrispondono eguali gradazioni assolute dell'altezza dei toni.

Le più lente vibrazioni che sono ancora capaci di dare una indistinta sensazione di tono, sono quelle che si compiono al numero di 16 in un secondo, con un'onda della lunghezza di 64 piedi parigini. La musica distingue questo tono con C_2 o $\underline{\underline{C}}$.

Succedono ad esso le seguenti ottave:

	con vibraz. al secondo		lung.ª dell'onda (in piedi parig.)
C_1	con vibraz. al secondo 32	lung.ª dell'onda (in piedi parig.)	32
C	» » 64	» »	16
c	» » 128	» »	8
c_1	» » 256	» »	4
c_2	» » 512	» »	2
c_3	» » 1024	» »	1
c_4	» » 2048	» (poll.)	6
c_5	» » 4096	» »	3
c_6	» » 8192	» »	$1^1/_2$

La musica comprende generalmente in 7 ottave i toni oscillanti fra 40 e 4 mila vibrazioni al minuto secondo, tuttochè l' orecchio possa avere una estensione di 11 ottave fra 16 e 24 mila vibrazioni al secondo. Al disotto di 40 vibrazioni però l' orecchio difficilmente rileva il tono, che viene quindi a mancare di carattere musicale, mentre diventano sgradevoli e perfino dolorosi dei toni troppo alti.

La finezza dell' orecchio è tale, che la generalità degli uomini è capace di distinguere ancora due toni, il numero delle cui vibrazioni diversifica di $^1/_{100}$; mentre un orecchio musicale distingue una differenza di $^1/_{500}$ ed alcuni orecchj perfino quella di $^1/_{1200}$.

La musica non misura molto finamente l' altezza dei toni, insinuando essa fra i toni fondamentali di due ottave 6 toni principali e 5 toni accessorj. I numeri relativi delle vibrazioni dei toni principali sono:

c	*d*	*e*	*f*	*g*	*a*	*b*	*c*
do	*re*	*mi*	*fa*	*sol*	*la*	*si*	*do*
24	27	30	32	36	40	45	48

per modo che il così detto *intervallo*, o il rapporto del numero delle vibrazioni fra un tono principale e l'altro, non è costante.

La velocità di propagazione è eguale pei toni di qualsiasi altezza. Durante una vibrazione il tono si propaga nella speciale lunghezza della sua onda, per cui, ad esempio, *C*, si propaga in un secondo per 64 e *c* per 128 lunghezze della loro onda rispettiva. La lunghezza dell'onda di *C* sarà quindi la velocità di trasmissione in 300 metri al minuto secondo, eguali approssimativamente a piedi parigini 1024 divisi per 64, eguale a 16 piedi parigini, come nella precedente tavola.

§ 50. *Percezione contemporanea di toni diversi.*

La contemporanea percezione di toni diversi può riferirsi a *toni unissoni* o *quasi unissoni;* a *toni consonanti* o *dissonanti*, ad insorgenza di *toni di combinazione.*

Toni unissoni. — Due toni elementari successivamente insorgenti colla stessa forza ed altezza possono contenersi in guisa: 1.° Che le onde sonore raggiungano contemporaneamente il nervo acustico per modo da esservi raddoppiate le condensazioni e le rarefazioni e da esservi quindi un tono di quadrupla intensità. 2.° Che le massime condensazioni dell'un tono raggiungano l'orecchio colle massime rarefazioni dell' altro, per modo da elidersi ogni movi-

mento e da non aversi percezione. 3.° Che i culmini delle onde spettanti ai due toni, colpiscano l'orecchio successivamente, con aumento d'intensità (minore che al N. 1) quando le successioni sieno assai rapide. Se i toni unissoni sono semplici, in allora si fondono in una sola sensazione.

Toni quasi unissoni. — Fra due prossimi toni elementari contemporaneamente insorgenti, le onde del più alto sopravvanzano gradatamente quelle del più basso, per modo che sulla via di trasmissione vi ha un tratto di corrispondenza delle condensazioni, poi un secondo tratto di corrispondenza delle condensazioni dell'un tono colle rarefezioni dell'altro, poi ancora una coincidenza delle condensazioni, e così di seguito e per quanto aumenta la differenza numerica delle vibrazioni dei due toni. S'avrà quindi la sensazione di un tono variante nella intensità per avvicendati aumenti e diminuzioni, il cui numero è eguale alla differenza numerica delle vibrazioni dei due toni. Due toni, per esempio, a 100 e a 102 vibrazioni al secondo, daranno una variazione ad ogni mezzo secondo. Se le variazioni sono poche, per esempio, di 4 o 6 al minuto secondo, allora l'orecchio le segue facilmente; se invece per crescente differenza d'altezza dei due toni si fanno più numerose, allora il tono diventa aspro ed intermittente. Il massimo dell'asprezza corrisponde a circa 33 variazioni al secondo, motivo per cui a metà della scala musicale si esige, per distinguere due toni primitivi, una differenza di circa ½ tono. Se i contemporanei e prossimi toni sono composti, in allora la sensazione non si spegne alle variazioni negative od alle minime intensità, epperò non diventa intermittente perchè esistono i sovratoni, le cui variazioni non coincidono con quelle del tono fondamentale.

Toni consonanti e dissonanti. — Due o più toni uditi contemporaneamente sono consonanti o gradevoli, dissonanti o sgradevoli. La consonanza o dissonanza dipende dal rapporto numerico delle vibrazioni, che è semplice od espresso da piccole ed intiere cifre nella consonanza, più complicato invece nella dissonanza. Se i toni consonanti sono composti, allora consuonano anche i loro sopratoni, e non avendosi intermittenza di sensazione per variazione d'intensità, l'armonia non si altera e la sensazione è gradevole. Se invece l'intervallo fra i toni composti non è semplice, ma tale per cui i loro sovratoni diano delle variazioni, allora diventano queste tanto più frequenti e sgradevoli, quanto è maggiore la incompetenza dell'intervallo. La sensazione sgradevole procurataci dagli strumenti scordati tiene alle variazioni dei sopratoni per modo da potersi dire, che la dissonanza dipende dalla intermittenza, la consonanza dalla continuità della sensazione (Helmholtz).

Il risuono di più che due toni costituisce l'*accordo*, che è consuonante quando consuonano i suoi singoli intervalli.

Toni di combinazione. — Gli agenti sonori determinano nell'aria od in qualsiasi altro mezzo conduttore delle onde, le quali inalteratamente procedono avvicinate o s' incrociano in tanti sistemi, quanti furono gli agenti, che le eccitarono. Ciò vale però fino a quando sieno assai lievi le modificazioni che i diversi toni, nella loro trasmissione, apportano alla densità degli strati aerei. Quando invece le oscillazioni destate nell'aria da due toni siano molto energiche, in allora insorge un nuovo e complicato sistema di onde, le quali determinano la formazione di un terzo tono, che dicesi di *combinazione*.

I toni di combinazione sono più bassi o più alti dei toni da cui derivano.

Il numero delle vibrazioni dei toni bassi, detti anche di *Tartini*, è eguale alla differenza che passa fra il numero delle vibrazioni dei toni primitivi; mentre invece nei toni alti, che furono scoperti da Helmholtz e che sono sempre assai deboli, il numero delle vibrazioni è eguale alla somma delle vibrazioni dei toni primitivi.

Dal detto emerge, che i toni di combinazione non sono soltanto subjettivi; si possono infatti rinforzare con un risuonatore che agisce attivando il movimento aereo. Così pure alcuni strumenti musicali, fra cui specialmente la doppio-sirena di Helmholtz, danno dei forti toni di combinazione.

§ 51. *Rumori.*

I *rumori* sono delle sensazioni infinitamente varie e non accessibili fino ad ora all' analisi acustica per soverchia lentezza o celerità irregolare, nel tempo e nella intensità, di movimenti, che danno luogo ad assai complicate forme di onde. La maggior parte dei rumori può essere riguardata quale un complesso di molti toni semplici, per modo da non avervi un distinto limite fra essi ed i toni composti. Alcuni rumori sono anche causati da altissimi sovratoni molto avvicinati ed assai dissonanti.

§ 52. *Definizione acustica della pronuncia.*

Fu Willis il primo a tentarla battendo una freccia d' orologio fra i denti di una ruota girante e producendo di tal guisa dei toni tanto più alti, quanto più celeremente si succedono le battute.

Questi toni assumono carattere vocale ad una certa lunghezza della freccia, cominciando dalla *u* e procedendo con decrescente lunghezza di essa alla *o*, *a*, *e*, ed *i*.

In questa esperienza di Willis, vi hanno vibrazioni primitive della freccia, direttamente indotte dall'urto dei denti della ruota, e vibrazioni secondarie che si continuano fra l'uno e l'altro urto. Il tono proprio della freccia è tanto più alto, quanto più essa è breve e la variante velocità rotatoria modifica l'altezza del tono, ma non il carattere vocale del medesimo. Le vibrazioni primitive determinano l'altezza del tono e dipendono dal numero degli urti; le vibrazioni secondarie determinano il carattere vocale. Perchè sussista un tale carattere è quindi necessario che abbiano luogo delle vibrazioni secondarie, epperò il numero di vibrazioni della freccia dovrà essere superiore al numero di urti, il che è quanto dire, che il tono proprio della freccia deve essere più alto di quello determinato dagli urti. E diffatti, quando per un rapido succedersi degli urti il tono acquista una certa altezza, scompare il tono della *u*, che esisteva ad una più lenta vibrazione primitiva della freccia.

La dottrina di Willis fu ampliata da Helmholtz nel senso, che egli, oltre ad un tono principale, distingue nelle vocali un certo numero di sovratoni (a doppio, triplo, quadruplo numero di vibrazioni) distinguibili anche da un esercitato orecchio musicale.

Lo stesso Helmholtz, con dei diapason (il cui numero di vibrazioni stesse nel rapporto di 1, 2, 3, 4, ecc.), comunicante ciascuno con un corrispondente tubo di risuonanza e percosso con apparato elettro-magnetico per un numero di volte corrispondente al numero di vibrazioni del suo tono fondamentale, ottenne dei toni a carattere vocale, mediante combinazione di diversi toni semplici. Se si ode soltanto il tono fondamentale, in allora esso ha il carattere della *u*, mentre invece si ha il carattere delle altre vocali, quando col tono fondamentale si odono dei toni secondarii, quali sono esposti qui sotto, con parentesi indicati, che i corrispondenti toni possono anche mancare senza elisione del carattere vocale.

TONI SEMPLICI.

TONO FONDAMENTALE	TONI SECONDARII O SOVRATONI					
I.°	II.°	III.°	IV.°	V.°	VI.°	VII.°
u forte		(debole)				
o forte	forte	(debole)	(debole)			
e forte	moderato	forte	(debole)	(debole)		
i meno forte	forte	debolissimo	forte	moderato		
a forte	(debole)	(debole)	moderato	più forte	più forte	più forte del secondo e del terzo.

§ 53. *Eccitazione acustica.*

Pare ammissibile che la eccitazione dei nervi delle ampolle e dei sacculi vestibolari sia di natura meccanica. In queste parti la disposizione dell'apparato nervoso co' suoi accessorii è tale, da presentarsi le migliori condizioni per una eccitazione meccanica dei nervi, destata dalle stesse onde acustiche della peri ed endolinfa.

Nelle ampolle infatti l'epitelio, fra i cui elementi sembrano terminare i nervi, è sormontato da lunghe ed elastiche cilia, che si elevano nell' endolinfa in direzione normale a quella delle onde acustiche. Vogliansi ora queste cilia di natura nervosa o di natura epitelica, si trovano in ottime condizioni per ricevere direttamente nel primo caso un urto eccitante dalla trapassante onda, o per trasmetterlo nel secondo caso indirettamente alla estremità nervosa, sia poi dessa continua o contigua al terminale filamento nervoso.

Nei sacculi del labirinto pare che le otoliti siano pure adatte alla eccitazione meccanica dei nervi sottoposti, quantochè sospinte queste concrezioni dall' onda acustica, a guisa di granelli d' arena su membrana vibrante, esercitano, ad ogni movimento, un urto eccitante sui nervi.

Non così evidenti sono le condizioni della eccitazione meccanica dell'acustico nella coclea, ma dopo le ricerche anatomiche di M. Schultze e le acustiche di Helmholtz, si può considerare l' organo di Corti come un sistema di eccitatori meccanici, risultante da una serie di archi rigidi ed elastici, concresciuti alla loro estremità con una membrana, e racchiudenti fra essa e la loro volta i terminali elementi nervosi dell' acustico. Le vibrazioni di questi archi si rifletterebbero sui nervi sottoposti e ne determinerebbero la eccitazione. A scopo di vibrazione sarebbero più adatte, secondo Helmholtz, le fibre esterne dell'organo di Corti, epperò le fibre interne non rappresenterebbero nel loro complesso che una volta elastica, dal cui angolo superiore sono tese verso la sottoposta membrana le fibre esterne, che a guisa di corde vibrano quando sia scossa la loro estremità fissata nella membrana, come vibrano corde metalliche, quando la loro estremità sia fissata ad un diapason, specialmente se il loro tono corrisponde a quello di quest' ultimo. La risuonanza di queste corde desterebbe la eccitazione delle diramazioni cocleari. Alla chiarezza della sensazione però, ed alla elisione dell' inconveniente, che una sensazione precedente si estenda nei limiti di una sensazione successiva, è necessario che la stimolazione del nervo sensitivo non si protragga oltre il tempo d' azione

dell'eccitante esterno. Anche pel nervo acustico era quindi necessario che la sua eccitazione non si estendesse gran che oltre l'azione dell'onda acustica objettiva. A questo scopo vedemmo agire come ammorzatore il martello, ed a questo medesimo scopo dovranno le fibre esterne dell'organo di Corti essere organizzate in modo, da non risuonare tropp' oltre la durata dello stimolo. Che infatti questa risuonanza non si protragga, lo rileviamo dalla possibilità di sentire separatamente i due rapidamente alternantisi toni di un trillo, toni che dovrebbero più o meno estesamente sentirsi contemporanei, se si protraesse per un tempo superiore a quello che intercede fra essi la interna risuonanza dell' organo acustico. Avviene però realmente questa fusione dei toni ad una considerevole velocità del loro scambio, principalmente pei toni gravi e quasi regolarmente per tutti gli strumenti musicali, a prova, che la fusione non tiene ad una sovrapposizione objettiva delle onde corrispondenti al trillo.

Eliminata da Helmholtz la possibilità che questa fusione percettiva dei toni dipenda da risuonanza dell'apparato acustico esterno e specialmente della membrana del timpano, trova egli di attribuirla ad una breve ma pure esistente risuonanza delle fibre di Corti. Ciò ammesso ne dovrebbe seguire, che non siano le stesse fibre di Corti quelle che risuonando a toni di diverse altezze determinano, per eccitazione delle loro corrispondenti fibre nervose, la percezione dei toni relativi, ma che per ogni sensazione di tono di determinata altezza, esista uno speciale apparato di eccitazione ed una speciale fibra nervosa. Poichè se fosse sempre lo stesso corpo elastico quello che risuonasse per tutti i possibili toni di diverse altezze, non potrebbe esso che risuonar sempre nell'uno e medesimo tono, che sarebbe il tono proprio. Con questa interpretazione dell' organo di Corti sta in accordo il regolarmente progressivo assottigliamento de' suoi elementi, specialmente delle fibre esterne, lungo il decorso del canal cocleare, attalchè le fibre medesime, come le corde di un cembalo o di un' arpa, rappresenterebbero una serie di corde intuonate, di cui ciascuna sarebbe destinata a risuonare per quei toni esterni, il cui numero di vibrazioni corrisponde con quello che le spetta per la sua lunghezza e tensione.

Essendo le fibre di Corti all' incirca tre mila, rappresentano una scala di tre mila diverse altezze di toni, i cui intervalli non possono essere che inconsiderevoli per la poca differenza di lunghezza delle fibre vicine. Da queste tre mila fibre, Helmholtz ne detrae 200 per quei toni, i quali in causa della loro soverchia altezza o profondità venendo percepiti incompletamente, superano i limiti della scala musicale, e gli rimangono, per le 7 ottave di questa scala, 2800

fibre, quindi 400 per ogni ottava e 33 per ogni mezzo tono. Nell'intervallo di mezzo tono dovrebbe quindi essere possibile all'orecchio distinguere ancora 33 gradazioni di altezza, epperò delle piccolissime differenze numeriche di vibrazione. Un orecchio musicale infatti, sa rilevare la diversa altezza di due toni che distano di $^1/_{33}$ di mezzo tono. Secondo Weber anzi la distinzione sarebbe ancora possibile ad $^1/_{64}$, il che spiegasi da Helmholtz ammettendo, che ogni fibra di Corti non entri soltanto ed esclusivamente in vibrazione per quei toni che corrispondono al suo, ma anche per quelli che sono un po' più alti e un po' più bassi, tuttochè la risonanza sia massima soltanto al coincidere dei toni.

Per la insufficiente cognizione che abbiamo delle terminazioni nervose della coclea, non possiamo ancor dire come avvenga la loro eccitazione per risuonanza delle fibre di Corti. Forse vi concorrono le cilia emergenti dalle cellule di Corti, suscettibili di entrare in vibrazione ad ogni movimento del liquido che le circonda e di agire quindi analogamente a quelle della cresta acustica delle ampolle.

§ 54. *Scomposizione acustica dei toni.*

Abbiamo già detto al § 49 che il timbro del tono è quella sua peculiarità acustica, per la quale possiamo distinguerne la provenienza piuttosto da un cembalo, che da un violino, un flauto, ecc. Helmholtz ha rettificato, a proposito del timbro, l' antica dottrina che lo attribuiva ad una variazione di forma della vibrazione, dimostrando che moltissime curve vibratorie corrispondono all'uno e medesimo timbro. Se non che, ancor prima di Helmholtz, erasi col calcolo dimostrato, come dicemmo allo stesso § 49, che le vibrazioni corrispondenti ai toni musicali si lasciano matematicamente scomporre in una serie determinata di movimenti semplici (a pendolo) corrispondenti al *tono fondamentale* e ad una serie di *sovratoni* del medesimo. Più tardi Helmholtz dimostrava che i toni composti o musicali risultano dalla contemporanea sensazione di un tono fondamentale e di un certo numero di sovratoni armonici; che il timbro è determinato dal numero e dalla relativa intensità dei sovratoni combinati col tono fondamentale; che il solo movimento semplice a pendolo può dar luogo al tono semplice; che tutti gli altri toni, in base a quella stessa legge per la quale possono matematicamente scomporsi in toni semplici, scompongonsi anche acusticamente per modo da essere riducibili ad una somma di sensazioni semplici, ciascuna delle quali insorge isolata ed indipendente dalle altre per eccitazione di una speciale fibra nervosa.

È un fatto insegnatoci dalla giornaliera esperienza, che il nostro orecchio ha la facoltà di procurarci la percezione separata e distinta di più toni contemporanei. Sarebbe questa facoltà paragonabile a quella di percepire separatamente due contemporanee sensazioni tattili, se non fosse che per queste ultime abbiamo due distinte impressioni tattili e due provincie nervose distinte, mentre invece per l'udito, tuttochè la separata e distinta percezione di varii toni possa e debba ritenersi dipendente dalla separata e distinta eccitazione di varie fibre nervose, pure non esistono le separate e distinte impressioni, poichè le vibrazioni aeree corrispondenti ai toni contemporanei non si mantengono isolate nella loro trasmissione per l'aria, ma si complicano in un movimento sommario, che come tale si trasmette alla membrana del timpano ed al restante apparato di conduzione. L'orecchio deve quindi avere necessariamente la facoltà di decomporre e ridurre ancora a' suoi singoli componenti questo movimento sommario.

Di qual natura sia questo movimento sommario lo insegna la fisica. Lo spostamento che ogni molecola d'aria subisce sotto l'urto contemporaneo di due onde sonore e la velocità di questo spostamento sono eguali alla somma algebrica di quelli spostamenti e di quelle velocità che le avrebbe impartita separatamente ciascuna delle due onde.

Viene quindi ad aver luogo nell'aria la stessa sovrapposizione di onde acustiche, quale l'occhio può rilevare in due sistemi d'incrociantisi onde nell'acqua. L'elevazione di ciascun punto della superficie dell'acqua, è in ogni momento eguale alla somma delle elevazioni, che ogni onda avrebbe isolatamente procurata; per modo che dall'incontro di due elevazioni risulta una elevazione doppia; dall'incontro di due avvallamenti risulta un avvallamento doppio; per l'incontro dell'elevazione di un'onda coll'avvallamento di un'altra, diminuisce di tanto la prima, quant'è il valore del secondo. Lo stesso avviene per ciò che riguarda la condensazione e la rarefazione dell'aria nella trasmissione di due toni contemporanei. Quivi pure velocità e spostamenti si sommano, e la direzione di questi ultimi è la risultante del paralellogrammo delle forze.

Questi movimenti sommarii, che non sono periodici per toni non consonanti, lo sono invece, vale a dire, si ripetono regolarmente in eguali tempi, per toni consonanti, ovvero sia per quei toni contemporanei, il cui numero di vibrazioni sia un multiplo di un altro dato e medesimo numero, quindi per quei toni, che sono sovratoni armonici di uno stesso tono fondamentale. Il primo sopratono è quindi la ottava col doppio numero di vibrazioni; il secondo è la

quinta di questa ottava col triplo numero di vibrazioni rispetto al tono fondamentale; il terzo è la prossima ottava più alta; il quarto è la grande terza di questa seconda ottava e così via. È possibile ora di mostrare graficamente, che le molecole aeree, sotto la contemporanea influenza di questi toni, comunque combinati ed intensi, devono soggiacere a dei movimenti periodici. Supponiamo la contemporanea vibrazione di due diapason, il secondo dei quali dia in un minuto secondo un doppio numero di vibrazioni in confronto del primo e rappresenti quindi il primo sopratono o la ottava del suo tono. I diapason vibrano secondo la legge del pendolo, epperò anche i movimenti dell'aria dovranno aver luogo sulla stessa legge; per cui le curve, colle quali, in base a questa legge, potranno essere rappresentati questi movimenti, saranno rispettivamente *A* e *B* per i movimenti aerei determinati dal primo e dal secondo diapason. Supposto che i diapason comincino ad agire contemporaneamente in *a*, dall'addizione delle ordinate di queste curve, otteniamo l'ordinata per la curva *C*, che rappresenta il movimento sommario di *A B*, e che, come quest'ultimo, è periodico, perchè riproducentesi in tratti eguali *Cc ce* come *Ac ce Bb bc cd de*.

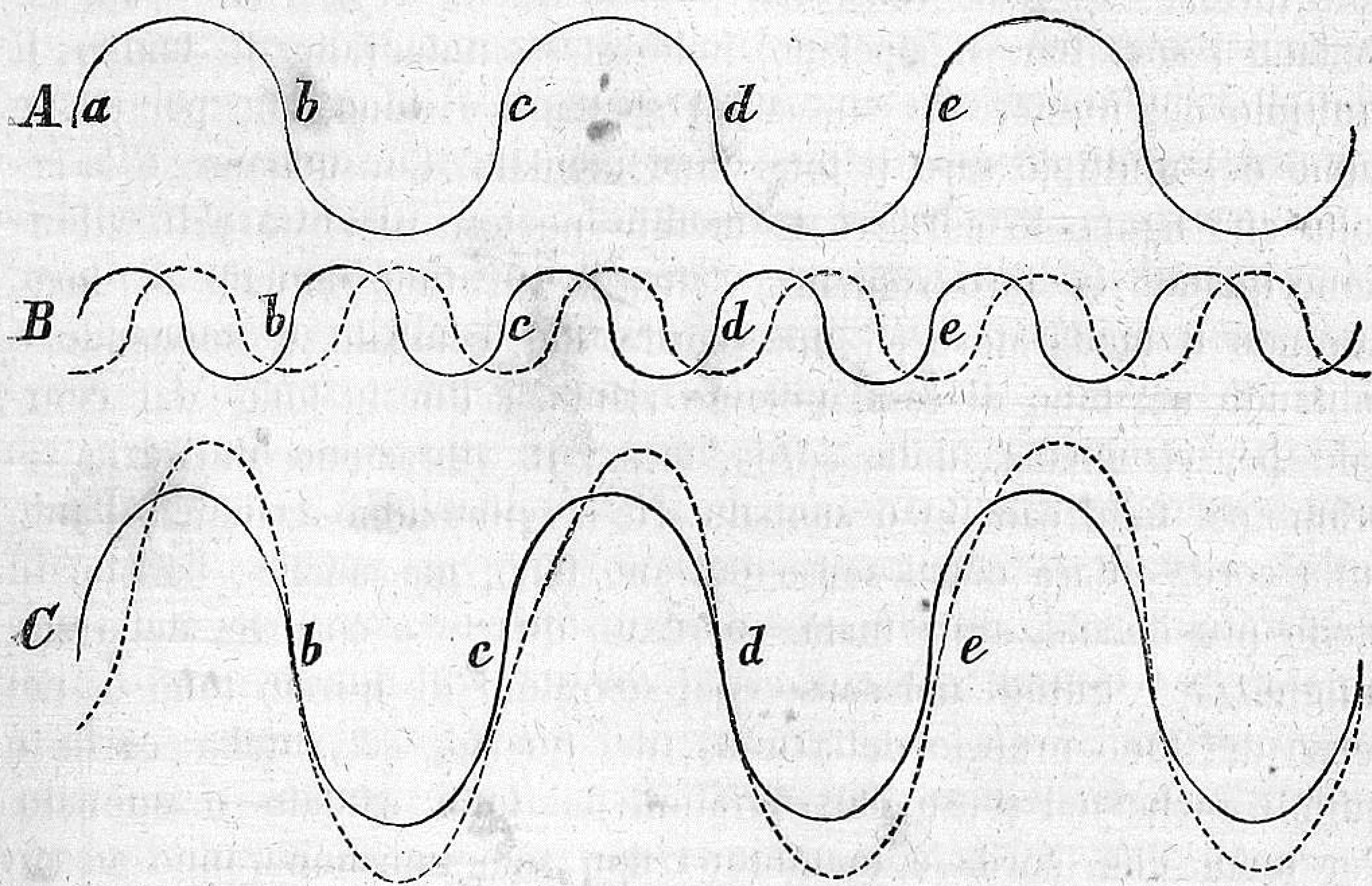


Fig. 3. — Rappresentazione grafica delle onde sonore.

Facilmente rilevasi che le curve ascendenti e discendenti di *A* e di *B* possono essere a beneplacito elevate od abbassate, senza che cessi la periodicità della risultante curva *C*. Che se il diapason *B* cominciasse a vibrare per $^1/_4$ di vibrazione più tardi di *A*, e fosse quindi la sua curva rappresentabile da *B* punteggiato, allora, dal-

l'addizione delle ordinate avremmo la curva C punteggiata, diversa è vero da C, ma periodica anch'essa. Dunque in tutti i possibili casi, nei quali un tono qualunque risuona con uno o più de' suoi sovratoni armonici, insorgono nell'aria dei sommarii movimenti periodici.

Che ora il nostro orecchio sia capace di scindere questi movimenti sommarii nei loro componenti, risulta già dal fatto della capacità che abbiamo di distinguere l'uno dall'altro i due contemporanei toni dei diapason. E l'orecchio ha la stessa facoltà di scindere nei loro componenti degli identici movimenti sommarii destati nell'aria da un solo tono composto o musicale, che risulta, come sappiamo, dal tono fondamentale e da sovratoni armonici, destanti nell'aria movimenti sommarii in modo identico a quello per cui questi movimenti sono destati da due toni musicali, movimenti sommarii che possono pure essere decomposti, secondo la legge di Ohm, in semplici movimenti a pendolo.

Quest' analisi fisiologica, che a guisa dell' analisi matematica, fa l'orecchio del tono musicale, riducendolo in semplici movimenti a pendolo, ha la sua controprova objettiva in ciò, che noi col mezzo della consuonanza, possiamo con tanti movimenti semplici a pendolo formare un tono musicale, purchè quelli di essi che rappresentano i sovratoni si ripetano, nello stesso intervallo di tempo, il multiplo del numero di vibrazioni spettanti al tono, che per darne meno del multiplo sarà il tono fondamentale. Consuonanza è la facoltà che hanno le corde o le membrane tese di entrare in vibrazione quando in loro vicinanza echeggi un tono eguale al loro. Levando il moderatore ad una corda del cembalo e suonando o cantando nel tono di essa, udiamo risuonar questo tono dal cembalo per risuonanza della corda, messa in vibrazione dall' aria vibrante pel tono cantato o suonato. Nè la vibrazione avviene soltanto sulla corda intera e nel senso del suo tono, ma anche, benchè in modo più debole, sulla metà, sovra un quarto e così via della sua lunghezza, e quindi nel senso dei sovratoni di questo tono o nel senso del tono proprio della metà, del quarto, ecc., della corda e quindi anche nel senso dei sovratoni del tono cantato o suonato. Per modo che, corda e membrana non solo consuoneranno ad un tono eguale al loro, ma anche ad un tal tono, che abbia fra gli altri un sovratono coincidente col tono proprio della corda vibrante, per esempio, nella sola metà, o quarto di sua lunghezza. Supponendo ora molte corde tese e registrate, all'insorgere del tono musicale, risuonerà la corda a tono eguale, ma risuoneranno anche quelle che hanno un tono proprio corrispondente rispettivamente a ciascuno dei sopratoni di questo tono.

I corpi risuonanti adunque, a guisa della matematica, decompongono i movimenti sommarii di un tono musicale in tanti movimenti semplici a pendolo, che corrispondono a determinati toni semplici, somministrando una indubitabile dimostrazione objettiva dell' assunto, che il tono musicale è un composto di tanti toni parziali.

Questa scomposizione dei toni musicali, fatta per consuonanza delle corde, è molto acutamente paragonata da Helmholtz alla scomposizione della luce bianca fatta dal prisma, il quale rende visibile i diversi colori dello spettro, perchè eccita idonee fibre con variamente ampie vibrazioni eteree semplici e periodiche, risultate dalla scomposizione che fece il prisma di un movimento etereo periodico e sommario spettante alla luce bianca.

Che l'orecchio umano scomponga il tono musicale in semplici movimenti a pendolo, risulta anche dallo studio della sensazione che lo stesso tono musicale ci procura, poichè, senz'altro aiuto che l'esercizio e l'attenzione, possiamo distinguere in un tono musicale il tono fondamentale dominante e alcuni sovratoni. Ciò avviene principalmente premendo il tasto di un cembalo, ove, col tono fondamentale si sentono anche diversi sopratoni (specialmente il 3.° il 5.° ed il 7.°) e più facilmente si risentono, quando allo stesso cembalo siasi fatta recente conoscenza di questi sopratoni.

Che il timbro del tono musicale dipenda unicamente dal numero e dalla relativa intensità dei toni parziali che lo compongono, fu dimostrato anche per via sintetica da Helmholtz, il quale, ricompose i toni musicali colla serie dei toni parziali, di cui ciascuno di essi è composto. Ciò fece principalmente colla riproduzione artificiale delle vocali della voce umana.

Pronunciando fortemente, a dato tono, una vocale nella cassa di un cembalo a moderatore sollevato, si sente echeggiare collo stesso tono dal cembalo la vocale pronunciata, perchè risuonano tutte le corde, il cui numero di vibrazioni eguaglia quello delle vibrazioni semplici a pendolo che entrano nel timbro di questa vocale.

Anche le consonanti *l*, *r*, *m*, *n* risuonano per la stessa ragione assai chiaramente; meno chiaramente invece la *v* e meno ancora la *s*.

Con un sistema di diapason, vibranti a pendolo mediante correnti elettriche intermittenti, e messi in rapporto con opportuni risuonatori, Helmholtz, non solo riprodusse tutte le vocali col loro timbro caratteristico, ma dimostrò eziandio che la forma della vibrazione non influisce sul timbro, quando questa forma sia determinata dagli stessi elementi.

Richiamandoci alla precedente figura, vedemmo che *B* punteg-

giato, eguale a *B*, ma non contemporaneo ad *A*, dà luogo alla curva *C* punteggiata, ben diversa da *C* semplice, benchè i due elementi, prescindendo dalla contemporaneità, siano eguali fra loro. Si comprende facilmente, come sulla stessa base, rimanendo pure immutati questi elementi, possa variare all'infinito la forma di *B*, mantenendosi eguale il timbro. Le stesse oscillazioni elementari quindi, purchè mantengano la medesima intensità (e quindi la stessa ampiezza di escursione) danno in qualsiasi rapporto cronologico di loro composizione il medesimo timbro. È quindi erroneo il principio già invalso nell'acustica, che il timbro sia condizionato dalla forma della vibrazione, quantochè forme infinitamente diverse possono condizionare lo stesso timbro, mentre ogni data forma corrisponde soltanto ad un unico timbro.

L'orecchio, come la matemica, non può ridurre questa forma se non in una sola maniera ad una somma di vibrazioni semplici. L'orecchio non sente la complicazione della forma di movimento; prima che sia predisposto per la sensazione, l'orecchio lo decompone ne' suoi elementi (vibrazioni semplici a pendolo) i quali, indipendentemente l'uno dall'altro, vengono trasformati in elementi di sensazione, che per il loro isolato insorgere, danno alla loro somma quell'impronta che costituisce il timbro.

Noi non ci accorgiamo di questa complicata composizione del tono musicale, perchè l'educato riferimento esterno della sensazione ce lo fa riferire ad una fonte acustica unica, precisamente nella stessa guisa che riferiamo esternamente ad un unico oggetto la duplice immagine che di esso si forma sulla retina e la doppia eccitazione che di conseguenza ne ricevono i nervi ottici. Il miscuglio che per abitudine facciamo degli elementi del tono musicale, corrisponde precisamente a quella specie di fusione, che pure facciamo per abitudine, delle due immagini di un oggetto veduto con due occhi. Questo errore, anzichè dannoso è utile agli scopi della sensazione, poichè il riferimento esterno facendosi sovra un tono composto e quindi sulla causa che lo determina, viene ad essere una operazione molto più semplice di quello che si fosse fatto sui singoli elementi del tono, dalla cui somma si avesse poi dovuto dedurre la causa. È tale anzi l'abitudine ad un riferimento acustico sommario, che difficilmente ci divezziamo da esso, motivo per cui, non è sempre facile, specialmente all'orecchio non musicalmente educato, analizzare i toni contemporanei di varii strumenti, fino a riferirli a ciascuno dei medesimi.

In seguito ai classici studii di Helmholtz, pare che questa decomposizione dei toni composti avvenga anche nell'orecchio per

consuonanza, come avviene fuori di esso. Le fibre esterne di Corti rappresenterebbero un sistema di corde tese, ciascuna delle quali, secondo la sua lunghezza e tensione, sarebbe capace di oscillazioni a pendolo a determinato periodo, ed oscillerebbe al presentarsi di una oscillazione a periodo eguale, sia poi dessa isolata od implicata in un movimento periodico composto.

Ogni fibra di Corti oscillerebbe quindi soltanto a quel dato tono semplice che corrisponde o s'avvicina al proprio e per la sua comunicazione con una fibra nervosa, oscillando, ecciterebbe quest'ultima meccanicamente. Questa dottrina di Helmholtz è la sola capace di spiegare la facoltà della contemporanea audizione di diversi toni e di derivarla dalla possibilità (objettivamente dimostrata) della loro decomposizione in oscillazioni a pendolo.

Primamente da Fessel, poi anche da Fechner si è osservato, che la maggior parte degli uomini sente lo stesso tono ad un'altezza diversa dall'uno e dall'altro orecchio. La differenza è poca, ma in genere l'orecchio destro sente il tono un po' più alto che non il sinistro. Le cause di una tale differenza possono essere molte, ma fino ad ora non sono chiarite.

Fechner ha dimostrato che anche la intensità varia per i due orecchj, essendo questa per lo più maggiore all'orecchio sinistro che al destro, mentre il contrario sarebbe stato trovato da Knorr. La variazione d'intensità potrebbe dipendere anch'essa da molte cause, fra le quali principalmente la diversa mobilità dell'apparato di conduzione o il diverso grado di tensione delle membrane.

§ 55. *Objettivamento acustico.*

La graduata educazione acustica induce un sì stretto nesso fra la sensazione ed il suo objettivamento, da sembrarci i due processi indissolubilmente fusi in uno solo.

L'objettivamento o l'esternamento ed il riferimento della sensazione all'agente acustico posto fuori di noi, ci conduce a giudicare della distanza e della direzione del suono.

Conoscendo noi approssimativamente, per opera dell'educazione acustica, la intensità dei diversi suoni, desumiamo la loro distanza da essa, che diminuisce di 4, 9, 16 volte col duplicarsi, triplicarsi o quadruplicarsi della distanza. Per la svariatissima intensità primitiva dei suoni però, è naturale che questo giudizio debba essere poco esatto e molto meno esatto di quello il sia il corrispondente giudizio dall'organo visivo.

Ciò anche pel motivo, che un suono debole ci sembra più forte,

quando crediamo siasi prodotto a distanza maggiore della vera. Gli è perciò che oltre alla intensità, chiamiamo in ajuto il timbro e la successione, per modo che dalla complessiva conoscenza del suono o del rumore (per esempio di una mosca che vola) giudichiamo la poca intensità primitiva del suono e limitiamo quindi la estensione nel giudizio della distanza.

Il riferimento della sensazione acustica od un agente sonoro posto fuori del nostro organismo, avviene soltanto quando l' onda sonora sia trasmessa per la membrana del timpano. Riferiamo all'esterno e nella loro direzione i rumori sott' acquei se il condotto uditorio contiene dell' aria, mentre invece sembrano ingenerarsi dentro di noi, se questo condotto sia tutto pieno dell'acqua in cui siamo immersi. Battendo un diapason ed applicandolo sulla testa ad orecchi chiusi, pare che il suono s' ingeneri in noi, mentre invece lo riferiamo all'esterno e nella sua direzione, se pur tenendolo applicato alla testa, apriamo gli orecchi. Weber opina che in questo riferimento esterno della sensazione, che ha luogo soltanto a membrana timpanica vibrante, entri pure una sensazione tattile che si desta da questa membrana, e dalla cui maggiore intensità a destra o a sinistra abbiamo un primo criterio per desumere la direzione del suono. Questo elemento di giudizio è completato dai movimenti della testa e del senso muscolare che vi si connette, e per mezzo del quale si conosce quale sia il movimento che abbiamo dovuto compiere per ricevere le onde sonore in direzione verticale nel condotto uditorio ed ottenere di tal guisa la massima intensità di sensazione. Anche i padiglioni però, per mezzo delle sensazioni tattili destate dalle onde sonore, non sono estranei alla determinazione della direzione del suono, specialmente se si tratti di una direzione ascendente o discendente, anteriore o posteriore. Tuffandoci nell'acqua ed evitando di tal guisa le vibrazioni del padiglione, riconosciamo più difficilmente o non affatto la direzione del suono. Premendo colle mani i padiglioni arrovesciati sui meati uditorii, ci sembra posteriore un suono anteriore, perchè le onde sonore colpiscono direttamente la superficie posteriore, dalla quale siamo appunto abituati a desumere la direzione posteriore del suono.

Dicemmo sentirsi in noi medesimi il suono trasmesso per altra via, che non sia quella dell' aria contenuta nel condotto uditorio. Per la stessa ragione non riferiamo all'esterno, ma sentiamo in noi medesimi i diversi rumori che possono ingenerarsi nell' apparato uditivo e fra essi quello derivante dalla vibrazione della rocca petrosa per la corrente sanguigna della carotide.

Prescindendo però anche dall' esistenza di qualsiasi suono che

s' ingeneri fuori o dentro l' organismo, possiamo avere sensazioni acustiche dipendenti da peculiari condizioni del nervo acustico e del cervello, come si verifica nelle anomalie di circolazione in quest'organo o nel labirinto (per anemia); nel deliquio, negli avvelenamenti narcotici e in molte malattie. È pure una sensazione subjettiva postuma, quella per cui risentiamo ancora per più o men tempo dopo la sua cessazione, un rumore od un suono a cui siamo da lunga pezza abituati.

Tutte queste sensazioni subjettive sono facilmente objettivate negli offuscamenti psichici e concorrono a dar luogo alle allucinazioni.

SENSO DELLA VISIONE.

I. — **Preliminari fisio-morfologici.**

§ 56. *Cognizioni generali.*

Azione specifica del nervo ottico eccitato è quella di determinare la sensazione di *luce* e delle sue diverse *qualità* o *colori*. Le *vibrazioni eteree* costituiscono quindi lo stimolo adequato del nervo ottico, in quanto valgono ad eccitarlo alla sua periferia, non sul suo decorso, in modo da sorgere in esso un movimento nervoso, che trasmesso ad un centro, si risolve quivi in un movimento di percezione di luce, la quale non ha quindi, come tale, alcuna esistenza objettiva od esterna all' essere capace di risentirla. Ciò non toglie però che il nervo ottico reagisca identicamente con una sensazione luminosa, anche se eccitato con stimolo elettrico o meccanico. Se non che queste inadequate maniere di eccitazione, a differenza delle vibrazioni eteree, agiscono anche sul decorso del nervo.

L'occhio è l'organo chiamato a trasmettere, per mezzo della trasparenza delle sue parti, le vibrazioni eteree ad uno speciale apparato di recezione, in cui ha luogo la trasformazione del movimento etereo in movimento nervoso. Come però in moltissimi animali, effetto della visione non doveva essere soltanto la percezione di luce e di colori, ma il loro coordinamento nella percezione d'immagini, ovvero sia di rapporti di estensione nello spazio degli oggetti esterni, da cui partono le eccitanti vibrazioni eteree, così era necessario, che l'apparato di recezione fosse talmente costituito, da riprodurre sulla sua superficie tutti i punti luminosi dell' oggetto, epperò da riprodurre la immagine dell'oggetto medesimo, la quale riesce arrovesciata e mancante della terza dimensione. Dimostra infatti l'anatomia, che quella superficie (retinica) dell'occhio, sulla quale deve coincidere la riproduzione dei punti luminosi esterni e dalla cui somma deve risultare l' immagine dell' oggetto esterno, è formata da un mosaico di elementi contigui, che corrisponde al mosaico dei punti luminosi esterni. E in ciascuno di questi elementi continuantisi in una fibra nervosa del nervo ottico, la vibrazione eterea, da un corrispondente punto luminoso esterno, desta un movimento molecolare, che diventa alla sua volta

l' eccitante di un movimento nervoso, il quale, trasmesso isolatamente dalla fibra del nervo ottico al suo centro d' origine, si trasforma quivi in movimento di sensazione e di percezione luminosa.

Certo che il processo di percezione non può comprendere in sè stesso quei rapporti di ubicazione dei punti luminosi esterni, dai quali risultano determinate le dimensioni degli oggetti osservati. Per ciò che riguarda le prime due dimensioni di larghezza e di lunghezza, questi rapporti si riproducono nell'immagine retinica, la quale siccome quella che si forma su di una superficie, non può certamente riprodurre i rapporti di ubicazione che si riferiscono alla dimensione di profondità.

Ma la immagine retinica per sè stessa non è quella che migra dall' occhio ai centri nervosi per indurvi la sensazione, come non migra al cervello la forma di un corpo che noi sentiamo applicato alla cute e del quale possiamo determinare approssimativamente le dimensioni. Il cervello non è eccitato dalla immagine ottica e tattile, ma lo è invece dalle fibre nervose corrispondenti a ciascun punto di questa immagine.

Nel cervello non si riproduce quindi una immagine, ma per opera di contemporanee ed isolate eccitazioni si desta un movimento senso-percettivo. E come nell' esercizio del tatto, riferendo questo movimento alla cute eccitata, rileviamo le dimensioni dell'oggetto mediante il giudizio di località e il senso muscolare, così educando il senso visivo, desumiamo le dimensioni dell'oggetto osservato dalla distanza che i suoi punti luminosi hanno fra loro e dall'occhio.

Questo giudizio quindi non è inerente al movimento senso-percettivo in sè, ma al posteriore processo di riferimento esterno della sensazione.

Inerenti invece a quest' ultima sono la sua qualità, che determina il colore, e il suo grado, che determina la intensità luminosa; modalità queste della sensazione visiva, che rispettivamente emergono dal diverso numero e dalla diversa ampiezza delle vibrazioni eteree.

Come per gli altri sensi, così per il senso visivo, dobbiamo distinguere un apparato periferico, coordinato alla trasformazione del movimento fisico in movimento nervoso, ed un apparato centrale, coordinato alla trasformazione del movimento nervoso in movimento senso-percettivo.

Il primo di questi apparati è rappresentato dall'occhio; il secondo lo è da alcuni organi cerebrali (eminenze quadrigemelle, emisferi) la cui questionabile concorrenza alla sensazione visiva emerge dai §§ 11, 15 III.

§ 57. *Organo visivo.*

L'apparato periferico o l'atrio di sensazione visiva risulta da un organo essenziale, che è il bulbo dell'occhio co' suoi muscoli, e da organi accessorii.

Il *bulbo dell'occhio*, otticamente paragonabile ad una camera oscura, ha la forma di un'elissoide, alla cui parte anteriore è applicato un piccolo segmento di sfera e consta di membrane (schlerotica, coroidea, retina) disposte concentricamente e limitanti uno spazio centrale, in cui si contengono i suoi mezzi diottrici (umore acqueo, lente cristallina, umor vitreo), pervii alla luce per trasparenza della cornea e perforazione dell' iride. Di volume e peso oscillante in limiti abbastanza estesi, il bulbo dell'occhio umano misura, secondo Krause, da 22,9 a 24 mill. ne' suoi diametri antero-posteriore e trasverso, mentre è da 0,2 a 0,7 mill. più breve il suo diametro verticale, da 0,2 a 0,7 mill. più lungo il diametro diagonale teso dal basso-interno all' alto-esterno, e massimo (di quasi 25 mill.) l'altro diametro diagonale opposto.

Il bulbo dell' occhio è talmente posto nella cavità dell' orbita da essere un po' più vicino alla interna che alla esterna parete di questa cavità, dal piano della cui apertura protrude alquanto, retraendosi invece per normale o morboso dimagramento e conseguente diminuzione dell'adipe retro-bulbare.

La *schlerotica*, che integrata anteriormente dalla cornea, determina la forma e le dimensioni del bulbo, è una membrana di tessuto unitivo fibroso, le cui fibre si avvicendano abbastanza regolarmente in senso longitudinale e trasversale, senza che però ne risulti una disposizione lamellare, in causa della continuazione in cui si tengono fra loro le fibre dei diversi strati nel senso dello spessore della membrana.

Queste fibre unitive sono intrecciate a reti di fibre elastiche interrotte da cavità unitive, che insieme alle fibre stesse sembrano contenere un liquido plasmatico, il quale potrebbe sopperire alla scarsezza dei vasi sanguigni derivanti principalmente dalle arterie ciliari e da quelle dei muscoli del bulbo, mentre le vengono filamenti nervosi dai nervi, che lungo la sua interna superficie decorrono al legamento ciliare. La schlerotica è più sottile al suo equatore (0,56 mill.) più grossa invece verso i suoi poli, a cui corrispondono posteriormente (1,2 mill.) l'apertura di passaggio del nervo ottico, anteriormente (0,87 mill.) quella più grande, d' inserzione della cornea. In corrispondenza dell' apertura posteriore, che è a

mill. 2,4 più all'interno del polo, s'immedesima nella schlerotica la guaina che il nervo ottico ritrasse dalla dura madre, ed estraendo il midollo del nervo le impartono un aspetto cribroso i sepimenti del suo nevrilema.

La *cornea* insinuata come un vetro d'orologio nell'apertura anteriore della schlerotica, che la sormonta alla sua periferia, è una membrana trasparente, a curvatura esterna sferica od elittica (Senff), con un diametro basilare di mill. 10,9. La sua linea periferica non è circolare, ma ovale, pel motivo che la schlerotica si avanza più sulla cornea all'alto ed al basso, che non lateralmente. La cornea però non è realmente che una modificazione isto-chimica della schlerotica. Il suo strato proprio o mediano, che è il più grosso, consta di fasci unitivi disposti come nella schlerotica, ma più che su essa tendenti ad una disposizione lamellare, e chimicamente tali da non dare gelatina come la schlerotica, ma una condrina modificata. La interna superficie, a curvatura iperbolica, della cornea, è rivestita dall'anista membrana di Descemet o di Demours col suo epitelio pavimentoso semplice, mentre invece sulla esterna superficie si prolunga la congiuntiva, in forma di membranella anista rivestita da epitelio composto di allungate cellule profonde e di varii strati di sovrapposte cellule sferoidali. Dalla interna periferia della cornea, la membrana di Descemet, assumendo un aspetto di fibrille (che tengonsi di mista natura unitivo-elastica) si ripiega a formar parte della parete interna ed anche esterna del seno venoso o canale di Fontana o di Schlemm (scolpito nello spessore del tessuto corrispondente al margine schlero-corneale) per poi riflettersi in parte, rivestita dal prolungamento dell'epitelio interno della cornea, sulla superficie anteriore dell'iride, della quale forma il *legamento pettinato* ed avanzare in parte al corpo ciliare. I vasi sanguigni, che nel volgere della vita fetale si estendono in rete capillare su tutta la congiuntiva della cornea, vanno ritirandosi verso la nascita al margine di quest' ultima, fino a stabilirsi definitivamente ad anse terminali in una zona marginale di circa 3 mill. alla quale però corrispondono eziandio dei veri vasi schlero-corneali più profondi, che accompagnano i nervi, derivanti dai ciliari e formanti in tutta la estensione della cornea una rete di fibre, che dal margine corneale, essendosi fatte esilissime ed amidollate, non tolgono alla trasparenza della cornea, più di quanto le possono togliere gli altri elementi che la compongono. Malgrado la sua invascolarità, la cornea si nutre per mezzo della sua ricca rete di cavità unitive (plasmatiche) suscettibili di ampliarsi in vasi sanguigni nella cheratite e capaci di dar luogo a depositi pigmentali od adiposi, che formano l'anello senile.

Dai margini del foro ottico ed in continuazione col nevrilema del nervo ottico la schlerotica è internamente rivestita dalla *coroidea*, che giunta al margine corneale, dopo essersi ingrossata al corpo ciliare, si trasforma in un verticale e perforato sepimento membranoso (l'*iride*) la quale dovrà quindi lasciare fra essa e la cornea una *camera anteriore*, piena di *umore acqueo*.

La *coroidea*, dello spessore medio di 0,15 mill. è una membrana bruno-nera, formata di un peculiare tessuto (elastico?) di rameggianti cellule pigmentate, con molti vasi e nervi e rivestita internamente da pigmentate cellule poligone disposte a strato unico fino all' ora serrata, a strati multipli da essa in avanti.

Prescindendo dall' epitelio, si possono, se non separare, distinguere nella coroidea: uno strato esterno (*lamina fusca*) che porta cellule pigmentate insinuantisi anche nella schlerotica insieme a nervi ciliari, vasi ciliari lunghi e muscolo ciliare nella sua parte anteriore; uno strato medio che ricetta la prima decomposizione dei vasi maggiori ed uno strato interno (*corio-capillare* o *ruischiano*) che anteriormente si estende in forma di membranella elastica a rivestire i processi ciliari.

Prima di raggiungere il margine corneo-schleroticale la coroidea presenta anteriormente, in una zona di circa 3 mill. il *corpo ciliare*, risultante da due strati. Lo strato più esterno è composto di fibre muscolari liscie, che dalla coroidea si estendono alla parete interna del canal di Fontana o di Schlemm, intersecate anche, secondo Müller, da fibre circolari. Al disotto di queste fibre, che s'insinuano di preferenza nella lamina coroideale esterna e che formano il muscolo così detto *ciliare* o *tensore della coroidea*, questa membrana presenta da 70 a 75 ripiegature longitudinali, basse in origine, poi verso il margine corneale gradatamente crescenti fino all'altezza di circa 1 mill. le quali coi vasi e nervi formano i *processi ciliari* e costituiscono nel loro assieme la *corona ciliare*. Al margine coroideale seghettato dall'inizio dei processi ciliari corrisponde l'*ora serrata*.

L'*iride* può essere considerata come una continuazione della coroidea, che forma un sipario verticale all'asse del bulbo, e che non perfettamente nel suo centro ma un po' all' interno ed in basso, presenta il foro della *pupilla*.

Per ciò che spetta alla sua struttura fondamentale, l' iride differisce dalla coroidea in ciò, che essa presenta come tessuto prevalente l' unitivo, con cellule fusiformi e stellate, spesso pigmentate, anastomizzantisi a rete, oltre a fibre muscolari liscie, analoghe a quelle del muscolo ciliare ed a fibrille derivanti dalla retro accennata decomposizione della membrana di Descemet.

Le fibre muscolari dell'iride possono considerarsi aggregate in due muscoli *sfinteri* o *costrittori* della pupilla e in un muscolo *dilatatore* della medesima. Dei due sfinteri, il primo maggiore, si estende pel tratto di circa mezzo millimetro dal margine pupillare; il secondo forma una zona circolare molto più esile e pressochè equidistante dai margini pupillare e ciliare dell'iride. Il muscolo dilatatore incomincia nella sostanza dell' iride al suo margine ciliare, e si estende in fasci isolati e radiati al margine dello sfintere maggiore.

La superficie posteriore dell' iride è coperta da cellule pigmentate (*uvea*) che si estendono fino al margine pupillare e che si possono considerare come propagine di quelle dei corpi ciliari. La superficie anteriore è rivestita di un epitelio semplice a cellule depresse, che si possono considerare come un prolungamento dell'epitelio della membrana di Descemet.

L' uvea veduta per trasparenza determina di prevalenza il coloramento proprio degli occhi azzurri, mentre invece quello degli occhi neri devesi ad altro pigmento libero o raccolto nelle cellule plasmatiche ed epiteliche dell'iride, variamente macchiata dalla irregolare dispersione del pigmento medesimo.

Vuolsi da alcuni che l'uvea sia coperta da una membrana (*limitante di Pacini*) che si considera come una propagine della membrana limitante della retina, mentre invece altri vogliono questo velamento formato dalla contiguità delle membrane proprie delle cellule pigmentate dell'uvea.

Coroidea ed iride ritraggono le loro arterie più o meno direttamente dall'oftalmica (*carotide interna*) per le arterie ciliari posteriori brevi e lunghe, e per le arterie ciliari anteriori. Le arterie ciliari posteriori brevi vanno di preferenza alla coroidea ed ai corpi ciliari, con qualche ramo più lungo all' iride. Le loro vene si raccolgono nei vasi vorticosi, che mettono per la vena oftalmica al seno cavernoso. All'iride vanno di prevalenza le arterie ciliari posteriori lunghe e le ciliari anteriori, che dopo aver date diramazioni al muscolo ciliare, formano sull'iride i circoli arteriosi maggiore e minore coi vasi intermedii, per quindi inflettersi al foro pupillare, trasformandosi in vene, che mettono in parte ai vasi vorticosi, in parte accompagnano le arterie ciliari posteriori lunghe, in parte si versano nel canale di Schlemm, d'onde sortono le vene ciliari anteriori, fluenti nelle vene dei vicini muscoli dell'occhio.

I nervi della coroidea e dell' iride sono dati dal ganglio ciliare, che formato dal 3° e 5° dei nervi cranici e da diramazioni simpatiche (§ 10 e 18 III) presenta i necessarii elementi per attendere

alla sensibilità delle membrane oculari, alla motilità dei vasi e dei muscoli ciliari, sfintere e dilatatore della pupilla. In numero di 15 a 18, i nervi ciliari traforano posteriormente la schlerotica e procedendo in avanti sulla lamina esterna della coroidea, vanno al muscolo ciliare, ove si decompongono in un finissimo plesso, da cui emanano nervi per la cornea e per l'iride.

La *retina*, che è strettamente contigua alla superficie interna della coroidea, può essere considerata come un'espansione membranosa del nervo ottico, la quale dal foro ottico, si estende fino alla zona ciliare, ove aderendo assai tenacemente alla jaloide ed alla coroidea, termina con un margine frastagliato (*ora serrata*) per di quivi avanzare fra la zonula di Zinn e la coroidea, fin oltre la estremità libera dei processi ciliari, con uno strato di peculiari cellule nucleate, che si considera come la parte ciliare della retina, tuttochè nessuno degli elementi proprii di questa membrana siano in quello strato rappresentati.

La retina, che posteriormente e in vicinanza al nervo ottico ha lo spessore di 0,2 mill. si assottiglia in avanti fino a 0,12 e in vicinanza al suo margine anteriore non misura che 0,08 mill.

Malgrado questa differenza di spessore, si riscontrano ovunque nella retina i seguenti strati, che, ad eccezione dell'ultimo, si vanno facendo più esili coll'assottigliarsi della retina.

1.° Strato di cilindri e coni.
2.° Strato di granuli.
3.° Strato di cellule nervose.
4.° Strato di espansione del nervo ottico.
5.° Strato o membrana limitante.

Sulla natura isto-chimica degli elementi che compongono questi strati e sui loro rapporti anatomici, regnano opinioni diverse, che noi ci guarderemo dal riprodurre, limitandoci solo a riassumere quanto ci sembra più generalmente e più logicamente accettato.

1.° *Strato di bacilli e coni.* — Questo strato ha uno spessore medio di 0,065 mill. ed è formato da omonimi elementi, i quali colla loro smussata estremità esterna toccano lo strato pigmentoso della coroidea, mentre invece colla estremità opposta arrivano ad una linea di separazione fra questo e il più interno strato di granuli (*linea limitante*).

I bacilli della retina, cilindrici nell'uomo, hanno una lunghezza che col diverso spessore della retina oscilla fra 0,056 e 0,072 mill. ed un diametro abbastanza costante di 0,0016 mill.

Incomparabilmente più numerosi dei coni, finiscono appuntati alla linea limitante, dalla quale si continuano in una fibra (*di Mül-*

ler) che alla sua volta sembra continuarsi a mo' di cilindro dell'asse nel bacillo e terminare rigonfia a circa metà lunghezza del medesimo.

I coni sono dei bacilli più brevi, che prima di raggiungere la linea limitante s'ingrossano conicamente colla base a quest'ultima, la quale corrisponde ad un solco di demarcazione fra questa base ed un contiguo granulo o cellula nucleata, che fa già parte del successivo strato di granuli, e che appuntandosi alla estremità opposta continua, come la estremità appuntata dei cilindri, in una fibra di Müller. Nell'interno dei coni non si osserva, come nei cilindri, continuazione di fibra, ma soltanto una vescicola rossigna e lucente laddove comincia il rigonfiamento conico.

Bacilli e coni, assai regolarmente disposti, riflettono vivamente la luce, si alterano facilmente, presentano le reazioni proprie degli albuminoidi, senza che per questo si possa affermare che sieno o non sieno degli elementi nervosi. Per la loro peculiare disposizione, formano alle due opposte superficie dello strato bacillare una specie di mosaico, che veduto alla superficie esterna presentasi formato da circoletti piccoli laddove corrispondono i bacilli, e da circoli più grandi (rigonfiamenti coniformi) concentricamente racchiudenti un circolo più piccolo (estremità cilindrica dei coni) laddove corrispondono questi ultimi.

Siccome in corrispondenza della fossa centrale della macchia gialla non esistono bacilli, ma soltanto coni, così ne deriva, che il corrispondente mosaico sia rappresentato soltanto dai secondi dei menzionati circoli, i quali sono però più piccoli di quelli spettanti agli altri coni, appunto perchè sono più piccoli degli altri i coni di questa fossa. Stando infatti alle più recenti determinazioni, i coni della fossa centrale avrebbero un diametro di soli 0,002 a 0,0025 mill. (0,0028 nella scimmia) mentre invece, per misure fatte in un giustiziato, salirebbero a mill. 0,0033 i coni dispersi nelle altre parti della retina. Questa dispersione varia colle regioni di quest' ultima, per modo da diminuire i coni verso l' ora serrata e da crescere invece in direzione opposta verso la macchia gialla. Nei paraggi di questa si può dire che ogni cono è circondato da una sola serie circolare di bacilli, mentre andando verso l'equatore della retina tre e perfino quattro ordini di cilindri circondano un cono.

2.° *Strato di granuli.* — Lo strato di granuli ha uno spessore complessivo di circa 0,06 mill. e consta di una maggiore zona granulosa esterna contigua allo strato bacillare, di una minore zona granulosa interna e di una zona intermedia alle due precedenti e fibrillarmente striata nel senso dello spessore della retina. Si con-

siderano i granuli spettanti alle due zone granulose come cellule a nucleo assai grosso, poste sul decorso delle fibre di Müller, che partite dalla estremità interna dei bacilli e dei coni si dirigono verso l'interno della retina, rigonfiandosi nei due ordini di granuli e segnando col loro decorso la striatura della zona intergranulare. I granuli che vedemmo continui alla base dei coni, spettano appunto alla zona granulosa esterna, insieme a quelli dei bacilli che non sono, come pei coni, contigui ai medesimi, ma separati per interposizione di breve tratto di fibra di Müller, in cui, a differenza della base del cono, si risolve la punta del bacillo. Questi granuli sferoidali od ovali, assai trasparenti e riflettenti, hanno un diametro compreso fra 0,004 e 0,008 mill.

3.° *Strato di cellule nervose.* — Lo strato di cellule nervose consta di due zone, l'una delle quali più interna e contigua allo strato precedente, misura da 0,02 a 0,05 mill. e dicesi *zona molecolare*; l'altra più esterna e contigua collo strato successivo, dello spessore di 0,09 a 0,1 mill. è la vera *zona di cellule nervose.* Secondo gli ultimi studj di Schultze, la zona molecolare non sarebbe altro che uno spugnoso intreccio di fibrille, che darebbero origine a più grosse fibre, così dette *radiate*, le quali attraversando la zona di cellule nervose e il successivo strato di fibre nervose, finirebbero coll'aderire, imbutiformemente dilatate, ad un esile velamento anisto, che è la membrana limitante, o a formare esse stesse colle contigue basi delle loro imbutiformi dilatazioni questa membrana. Gli elementi contestuali proprii dello strato molecolare si considerano come più evidenti ma non esclusivi a questo strato, quanto che si ritiene che essi, insieme alle fibre radiate, formino una specie di esilissima trama (forse unitiva) che è diffusa in tutti gli strati retinici e che serve di sostegno ai loro elementi nervosi. Le fibre radiate rappresenterebbero in certa guisa le più grosse travi di questa trama e si differenzierebbero dalle fibre di natura nervosa, che vedemmo emanare dai bacilli e continuarsi attraverso i granuli, per la varicosità di queste ultime, condivisa dalle fibre del nervo ottico.

Le cellule nervose, che formano la zona più esterna dello strato di cui parliamo, più o meno numerosamente sovrapposte a norma del diverso spessore di questa zona, sono sferoidali o poligone, hanno un diametro medio di 0,02 mill. ed emanano tre ordini di prolungamenti, mediante i quali si tengono in reciproca anastomosi fra loro, in continuazione colle fibre di Müller, che derivate dai bacilli e dai coni e rigonfiatesi nei due granuli attraversarono lo strato molecolare per tenersi in comunicazione colle cellule nervose; poi

finalmente in continuazione colle fibre del nervo ottico, le quali formano

4.° *Lo strato di espansione del nervo ottico.* — Questo nervo, attraversata che abbia la schlerotica e la coroidea, si avanza colle sue fibre trasparenti e spoglie di nevrilema nel piano generale della superficie interna della retina, formando la *papilla* od il *collicolo*, dal quale, le stesse fibre, assottigliatesi assai, e mantenenti la loro tendenza alla varicosità, si espandono a raggi, formando uno strato membranoso che si estende fino all' ora serrata, interrotto soltanto dalla macchia gialla. Le fibre componenti questo strato, che ha uno spessore di 0,18 a 0,004 mill. maggiore in vicinanza alla papilla, sono riunite a fasci anastomizzantisi fra loro ad angolo acuto o decorrenti per lungo tratto paralelli. Poche di esse penetrano direttamente nella macchia gialla per la sua estremità interna; le altre, circonvicine a queste, decorrono arcuate per entrare nella macchia ai lati di essa e disperdersi fra le cellule nervose che vi si trovano; mentre tutte le altre si ritengono continuarsi nelle cellule nervose dello strato precedente.

5.° *La membrana limitante* vedemmo essere considerata o come terminazione delle fibre radiate all' estremo limite dello strato di espansione del nervo ottico, o come velamento anisto, a cui aderiscono le basi delle fibre suddette.

La *macchia gialla* merita una speciale considerazione, perchè rappresenta la regione retinica della più distinta visione. Di figura elittica, con un diametro longitudinale (sensibilmente paralello all'equatore del bulbo) di 2,88 mill. con un diametro trasversale di 0,72 mill. incomincia circa 2 mill. all' esterno del punto d' entrata del nervo ottico, presenta nella sua parte mediana la *fossa centrale*, la cui contestata esistenza in vita è oggi giorno accertata, come sembra essere accertata la non esistenza della *piega retinica*, che vedesi nel cadavere estendersi dal margine della papilla all' angolo interno della macchia. Il colore giallo della macchia tiene a pigmento disperso in tutti gli strati della retina corrispondente, meno quello a coni. Tutti si accordano nell'affermare, che in corrispondenza della macchia gialla manca lo strato di dispersione del nervo ottico (le cui fibre vedemmo entrare dall'angolo interno e dai margini della macchia stessa) per cui la limitante sarebbe a contatto delle cellule nervose. Alcuni (Bergmann) negano anche questo strato (di cellule nervose) alla retina della fossa centrale, d'onde le fibre emananti dai coni dovrebbero divergere alla periferia della fossa per mettersi in comunicazione colle cellule nervose circostanti. Quivi, secondo Bergmann, la limitante sarebbe contigua ad uno strato di

granuli molto assottigliati. Dicemmo già come in corrispondenza della macchia non esistano che coni più piccoli degli altri. M. Schultze vedendo emanare distintamente da essi le fibre di Müller, che non si vedono invece per gli altri coni (mettenti come dicemmo ad un granulo esterno) e che si vedono invece pei bacilli, considera gli elementi della macchia non come coni, ma come bacilli ed attribuisce ai medesimi una importanza eccezionale nella visione, paragonandoli ai terminali organi nervosi, riscontrabili alla regione olfattoria ed alla cresta acustica, mentre negando ai coni una comunicazione colle fibre dell' ottico, li identifica agli elementi epitelici di queste medesime regioni.

Prescindendo dalla trama di sostegno della retina e riassumendo il contegno de'suoi elementi essenziali, ogni fibra dell'ottico, giunta alla superficie interna della retina si ripiega verso l' esterno della medesima per comunicare con una cellula nervosa, che può essere quindi considerata come l'origine periferica di una fibra dell'ottico. Questa cellula nervosa poi non solo comunica colle cellule vicine, ma manda direttamente verso la esterna superficie della retina un prolungamento (fibra di Müller) che si rigonfia due volte nei due granuli, che per la sua varicosità sembra essere di natura nervosa e che mette forse ad un cono, ma più evidentemente ad un bacillo retinico, nel quale sembra pure insinuarsi. La disposizione dei bacilli e coni è tale, che per quanto vedremo, i raggi luminosi devono primamente agire su di essi, perchè da essi la eccitazione si trasmetta alla fibra nervosa che ne emana. Ora non essendo la fibra nervosa eccitabile dalla luce, bisogna ritenere che bacilli e coni non siano di natura nervosa, ma peculiari organi trasformatori del movimento nervoso. Essi dovranno essere quindi i primi ad agire nella visione, epperò sarebbe stato più opportuno che fossero stati i più superficiali nella retina, come infatti si vede una tendenza a questa ubicazione nella regione della più distinta visione (fossa centrale) ove sono quasi a nudo le estremità interne dei bacilli o coni. Che se nelle altre parti della retina, nelle quali la visione va facendosi sempre meno distinta col progredire verso l'ora serrata, i bacilli ed i coni sono coperti dai più interni strati della retina e specialmente dallo strato di dispersione del nervo ottico, per quanto una tale disposizione non sembri favorire, come alla macchia gialla, la distinzione della visione, pure non ostacola in genere quest' ultima, attesa la possibilità che i raggi luminosi, in causa della trasparenza della retina viva, giungano fino al più profondo strato bacillare, ed attesa la inneccitabilità luminosa delle fibre dell'ottico, le quali non possono essere eccitate dalla luce se non per l'intermezzo dei bacilli e dei coni.

Sulla retina si disperdono i vasi dell' arteria centrale (dalla oftalmica) che insieme alla vena centrale decorre lungo l' asse del nervo ottico e tocca la retina al centro della papilla. Quivi si decompone in 4 o 5 diramazioni, dalle quali si forma una rete capillare, che abbonda specialmente nel 3° strato retinico e si estende fino all' ora serrata, ove le radichette venose, formato che abbiano il *circolo venoso*, confluiscono nella vena centrale, che mette all'oftalmica. Nel corso della vita embrionale l'arteria centrale si prolunga nel vitreo, dando vasi tanto ad esso, che alla parte posteriore della lente cristallina, ove si tengono in anastomosi con quelli che alla stessa lente derivano dalla membrana capsulo-pupillare (§ 133 II). Già prima della nascita, il prolungamento jaloideo dell'arteria centrale si atrofizza e scompare.

Il *vitreo* è un tessuto molle, trasparentissimo, che riempie completamente lo spazio compreso fra la lente cristallina e la retina, aderendo lassamente a quest' ultima, fortemente alla corona ciliare ed alla superficie posteriore della lente. La membrana *jaloidea* che lo riveste, esilissima e trasparente, s' ingrossa alquanto nella sua parte anteriore, ove si divide in due lamine, di cui la posteriore si fonde nel corrispondente segmento posteriore della capsula lenticolare, mentre l'anteriore *(zonula di Zinn)* procede per un certo tratto sulla superficie anteriore della capsula, tenendosi in rapporto coi processi ciliari e colla porzione ciliare della retina e fondendosi alla fine colla capsula stessa. Fra queste due lamine della jaloide esiste il *canale triangolare di Petit*. Quanto alla sua struttura, il vitreo, può essere considerato quale tessuto unitivo amorfo, di derivazione cutanea, con rimanenza di scarsi corpi unitivi periferici, non essendo qui luogo discutere sulla esistenza di una struttura più complicata, che la maggioranza degli autori nega al vitreo sviluppato ed ammette invece pel vitreo embrionale nella presenza di esilissima tela unitiva sostenitrice de'vasi sanguigni, che durante la vita embrionale si disperdono nella sua massa ed alla sua periferia.

Lente cristallina. — Questo biconvesso corpo trasparente è innicchiato posteriormente nella concavità anteriore del vitreo e trattenuto dalle due lamine della jaloide, di cui l'anteriore che sostiene e ricetta i corpi ciliari e forma la parete anteriore del canale di Petit è, come dicemmo, la zonula di Zinn. Colla sua superficie anteriore la lente non arriva a contatto dell'iride, fra la quale e la zonula di Zinn si elevano da quest' ultima i processi ciliari con rimanenza di uno spazio lamellare, che è la *camera posteriore*, ripiena come l'anteriore di umore acqueo, in cui fluttua l'iride. Consta

la lente della sua propria sostanza e della capsula lenticolare che la involge senza aderirvi. Quest' ultima è amorfa, trasparente, elastica, permeabilissima ai liquidi (per cui non incaglia la nutrizione dell'anangica lente da essa lei contenuta) ed è rivestita alla superficie interna della sua metà anteriore da epitelio pavimentoso, che desquammandosi nel cadavere, costituisce, insieme a qualche goccia di umore (che vuolsi acqueo da alcuni e penetrato per imbibizione attraverso la capsula) l' *umore del Morgagni*, non esistente in vita, secondo l' opinione di molti. La sostanza della lente consta di trasparentissime fibre esagone (larghe 0,0015, grosse 0,0012^{mm}) aderenti in modo da tenersi colla loro larghezza paralelle alla superficie lenticolare e da imbricarsi colle dentellature osservabili ai loro spigoli. Per tale circostanza essendo meno tenace la prima delle due aderenze, la lente diventa stratificata quasi come una cipolla, mentre poi, per la regolare sovrapposizione delle fibre nel senso dello spessore della lente, potrebbe questa considerarsi anche come composta di molti segmenti verticali, aventi ciascuno la estensione di un tubo lenticolare. Per ben comprendere la disposizione delle fibre lenticolari, che si considerano anche come tubi pieni di una sostanza albuminosa, s' immagini nel centro della lente una figura stellata (visibile specialmente nel feto) e formata in esso da tre raggi convergenti ad angoli eguali di 120°, dei quali due stanno all'in basso per la parte anteriore della lente, due invece all'in alto per la parte posteriore. Ritenuta questa figura, il decorso delle fibre o tubi lenticolari è tale, che quelli di essi che partono dal centro della stella anteriore si estendono a raggi verso la periferia, si portano alla superficie posteriore e terminano all'estremità periferica di uno dei raggi della stella posteriore. Altri tubi che partono dai raggi anteriori ad una distanza successivamente maggiore dal centro, terminano alla superficie opposta ai lati di un raggio e ad una distanza eguale dal centro posteriore. Questa gradazione procede fino al punto, che i tubi emananti dalla estremità periferica dei raggi anteriori terminano al centro posteriore. Ogni tubo quindi non descrive che poco più di un quarto della periferia della lente. Nell'uomo adulto avviene lo stesso per la porzione nucleare della lente, mentre negli strati superficiali i raggi sono più numerosi e più complicato quindi e vorticoso, ma identico al suesposto, il decorso dei tubi, che sono sempre alquanto ingrossati alle loro estremità terminali. La sostanza che forma la stella della lente è granulare, e siccome questa stella si estende a tutto lo spessore della lente, così forma delle lamine che non sono però tubulari. La curvatura anteriore della lente spetta all'elisse, alla parabola invece la molto più convessa curvatura po-

steriore. Procedendo però verso il nucleo della lente, amendue le curve si avvicinano alla circolare. Durante la vita embrionale la lente, che deriva dalla cute, è nutrita dai vasi capsulo-pupillari, osservabili anche dopo la nascita sulla superficie posteriore della capsula.

Muscoli del bulbo. — Oltre al muscolo *elevatore della palpebra superiore*, che dal foro ottico decorrendo lungo la volta orbitale s'insinua nella cartilagine palpebrale superiore, v'hanno nella cavità dell'orbita quattro muscoli *retti* e due *obliqui*, che roteano il bulbo. I quattro muscoli retti (dei quali più grosso l'esterno, fra le cui due porzioni originarie passano il 3° e 6° pajo e il ramo naso-ciliare della 1ª branca del 5°) spiccansi pure col precedente in comune dalla guaina del nervo ottico nei paraggi del foro ottico e divergendo abbracciano il bulbo, per inserirsi in opposti punti della schlerotica. Origine comune ha l' *obliquo superiore* o *patetico* che avanzando nell'angolo superiore interno dell'orbita, flettendo il suo esile tendine sulla cartilagine trocleare sospesa all' osso frontale, recede quindi all' esterno, per inserirsi alla schlerotica al di sotto del retto superiore. L'*obliquo inferiore* spiccatosi invece dall'angolo interno dell' orbita e passato sotto il tendine del retto inferiore, ascende e s'arretra, per inserirsi alla periferia esterna del bulbo, fra il nervo ottico e il tendine del retto esterno. Pei nervi di questi muscoli e degli interni del bulbo (tensore, iride) vegansi i §§ 16 e 17 III.

Le *parti accessorie* del bulbo valgono a difenderlo e a coadjuvarne l'azione. Esso è involto da una tonaca fibrosa, la quale non aderendo che lassamente alla schlerotica, forma una specie di capsula, nella quale il bulbo può liberamente roteare in ogni direzione. Questa tonaca parte dal margine orbitale al di dietro della congiuntiva, raggiunge il bulbo al suo margine corneale, dal quale si continua (perforata dai tendini dei muscoli) sullo stesso bulbo, fino al punto d'entrata del nervo ottico. Fra essa ed il fondo della parete orbitale è raccolto in abbondanza dell'adipe, che osta all'arretramento del bulbo per opera dei muscoli retti. Contegno analogo a quello della precedente tonaca, ha per la parte anteriore del bulbo la congiuntiva, che dalla cute palpebrale s'inflette a rivestire le palpebre internamente, formando la *piega semi-lunare* o la *terza palpebra* all' angolo interno, per quindi arrovesciarsi nei *fornici* sul bulbo, rivestirlo anteriormente e prolungarsi, con esile propagine delle sue fibre (elastico-unitive) e del suo epitelio pavimentoso, fin sulla cornea. La congiuntiva più grossa e più vascolare nella sua parte palpebrale, presenta quivi delle papille, che dalla *rima* palpebrale

si estendono fino ai fornici. Presenta pure delle ghiandolette mucose a forma racemosa, che abbondano specialmente nei fornici stessi e che con ghiandole sebacee, follicoli di peli e tessuto unitivo-adiposo vascolarissimo sono accumulate nella *caruncola lagrimale* all' angolo interno della rima (più ottuso dell' esterno) sulla piega semi-lunare. Altre ghiandole più composte, di derivazione della congiuntiva, sono le meibomiane e le lagrimali.

Le ghiandole *meibomiane*, in numero di 30 a 40, sono innicchiate nella superficie interna delle cartilagini palpebrali *(tarsi)* al disotto della congiuntiva; sono formate da un lungo condotto escretore maggiore, che dalla base di queste cartilagini si dirige col suo sbocco al margine libero delle medesime e dal quale si spiccano, ad angolo pressochè retto, brevi condotti minori, decomponentisi in acini terminali. I *tarsi* palpebrali, convessi esternamente, concavi internamente, fissati al margine orbitale ed ai loro angoli di congiunzione da robusti legamenti, sono esternamente coperti dall'esile cute e che per lasso unitivo aderisce al sottoposto *muscolo orbicolare* (a fibre circolari fissate al legamento palpebrale interno ed anche alla parete esterna del sacco lagrimale) separato dal tarso per interposto unitivo-adiposo e solo aderente al margine palpebrale, ove forma il così detto *muscolo ciliare.* Il margine libero convesso della palpebra superiore s'adatta alla corrispondente concavità della inferiore nella chiusura delle palpebre, i cui margini tagliati obliquamente hanno due spigoli, dei quali i più acuti esterni combaciano nella chiusura, i più ottusi interni formano i bordi del semi-canale o del *rivo lagrimale.* Dallo spigolo esterno emergono le cilia, i cui bulbi, con ghiandolette sebacee, s' insinuano fra il tarso e le fibre dell'orbicolare; allo spigolo interno mettono le pur sebacee ghiandole meibomiane, che mantengono l' untuosità delle cilia, osteggiando l' epifora. Le arcate sopraciliari, che separano la regione orbitale dalla frontale, ricettano peli più brevi delle cilia, volti all' esterno, ed amovibili dai *corrugatori,* che dalla glabella si esternano nelle arcate sopraciliari.

La maggiore delle due ghiandole *lagrimali* di ciascun occhio, sta innicchiata nel processo zigomatico del frontale, con attigua al di sotto la ghiandola minore. I loro acini sferoidali si raccolgono in varii condotti escretori, che sboccano all'angolo esterno dei fornici congiuntivali. Pei movimenti delle palpebre le lagrime si disperdono sul bulbo, e ad ogni loro chiusura, che si fa progressivamente dall'angolo esterno all'interno, decorrono nella stessa direzione lungo i fornici congiuntivali e lungo il rivo, per raccogliersi nel *lago lagrimale,* o in quello spazio che esiste fra il seno dell'angolo interno,

la piega semi-lunare e la caruncola lagrimale. Al chiudersi delle palpebre, i due *punti lagrimali* (di cui generalmente più ampio l'inferiore) s'immergono nel lago ed assorbono le lagrime, che pei *canaletti lagrimali* fluiscono al *sacco lagrimale* e da questo pel *canale naso-lagrimale* al meato inferiore delle narici, fuoruscendo invece dall'angolo interno lungo le gote, quando la loro secrezione sia esuberante o per qualsiasi causa ostacolata l'azione delle vie lagrimali. Vuolsi che i punti e i canaletti lagrimali, che mettono al sacco per la sua parete esterna, agiscano per contrazione di fibre muscolari. I canaletti lagrimali possono essere considerati come una emanazione della congiuntiva che si dilata nel sacco e che stabilisce coll'intermezzo del canale naso-lagrimale una continuazione diretta colla mucosa delle narici. Il sacco lagrimale posto nella fossa lagrimale, s' incrocia col legamento palpebrale interno, ed è nella sua parete esterna (rivolta al bulbo) rivestito da una membrana fibrosa, continuazione della periorbita. Possederebbe, secondo alcuni, il muscolo di Horner, che dalla cresta dell'osso lagrimale, passando sulla parete anteriore del sacco, avvolgerebbe i due canaletti lagrimali e si confonderebbe colle fibre dell' orbicolare più vicine al margine palpebrale. Questo muscolo, che altri considerano come una parte dello stesso orbicolare, potrebbe premere il sacco colla sua contrazione e favorire la fluenza al canale naso-lagrimale, mentre col successivo rilasciamento favorirebbe il richiamo di nuove lagrime dai punti lagrimali. Secondo Hasner, una valvoletta esistente allo sbocco nasale del canale lagrimale, impedirebbe che nelle forti espirazioni a bocca e narici chiuse passasse aria nelle vie lagrimali. L' epitelio pavimentoso della congiuntiva è sostituito in queste vie dall'epitelio vibratile.

I vasi sanguigni di tutti i muscoli ed apparati accessorii del bulbo sono di derivazione dell' arteria oftalmica, e mettono nel seno cavernoso e nella omonima vena, che può essere utilmente sgorgata col sanguisugio alla ragione orbitale per le sue ampie anastomosi colla vena facciale. I nervi della congiuntiva, dell' apparato lagrimale, della cute orbitale derivano dalla prima branca del quinto e dal simpatico.

L'aretria centrale dell'occhio manda vasi alla periferia del vitreo e lungo l'asse del medesimo. I vasi periferici arrivano fino alla zonula di Zinn ove formano il circolo anteriore di Mascagni, da cui partono rami per la membrana capsulo-pupillare. Il vaso assile (*arteria jaloidea*) percorso il canale omonimo, si decompone su membrana strettamente aderente alla parte posteriore della capsula lenticolare. Questa membrana è una parte del follicolo primitivo in cui si sviluppa la lente (§ 133 II) irrorato ante-

riormente da emanazioni del circolo di Mascagni e dei vasi coroideali anteriori. Al formarsi dell'iride il follicolo si divide in una parte anteriore, che chiude la pupilla sotto il nome di *membrana pupillare* e in una parte posteriore, che dal margine pupillare, attraversando la camera posteriore, si porta al margine della lente sotto il nome di membrana *capsulo-pupillare*.

II. — **Preliminari fisici.**

§ 58. *Luce.*

Attenendoci alla ipotesi di Descartes, che meglio di quella di Newton, armonizza colla dottrina della immanenza della forza, la luce non esiste se non quale movimento destato in un organo sensopercettivo da fibre nervose (dell'ottico) eccitate da vibrazioni eteree. Fuori di noi quindi non esiste luce, ma vibrazione dell'etere, epperò è improprio, tuttochè convenzionalmente adottabile il predicato di *luminoso* per ogni punto dello spazio, che desti vibrazioni eteree capaci di subire la modalità luminosa. Le vibrazioni destate nell'etere da un punto luminoso, fino a tanto che decorrono nello stesso mezzo, si trasmettono rettilineamente divergenti dal punto medesimo, dando luogo ai *raggi luminosi*. Un vario numero di questi raggi più prossimi nella loro divergenza dal punto luminoso, forma un *cono luminoso*, che avrà un raggio assile per *asse* di questo cono. I punti dello spazio non diventano luminosi se non in quanto un cono di raggi riproduca in uno degli elementi del mosaico retinico il proprio vertice, mediante convergenza sul rispettivo asse. Rigorosamente quindi non sono i raggi, ma i coni o fasci di raggi quelli che possono diventare luminosi.

Nella loro trasmissione i raggi possono incontrarsi in corpi diafani o trasparenti, che danno loro parziale o totale passaggio: ovvero in corpi opachi, che li rimandano. Nel primo caso si possono avere fenomeni di *rifrazione* o *diottrici;* nel secondo caso si possono avere fenomeni di *riflessione* o *catottrici.*

§ 59. *Rifrazione della luce.*

Se il corpo trasparente, che i raggi attraversano, ha una densità eguale a quella del mezzo da cui derivano, allora la direzione loro si mantiene immutata; se invece questo corpo ha una densità diversa, in allora deviano variamente, a norma dei rapporti di densità dei due mezzi, i raggi non perpendicolari ai medesimi. Tutti questi

raggi vengono *rifratti*, avvicinandosi alla perpendicolare se il secondo mezzo è più denso del primo, allontanandosi da essa se avvenga il contrario.

In ogni rifrazione il raggio incidente trovasi nello stesso piano del raggio rifratto e i seni dei due angoli d'incidenza e rifrazione stanno fra di loro, per due mezzi determinati, in un costante rapporto, che costituisce l'*indice di rifrazione.*

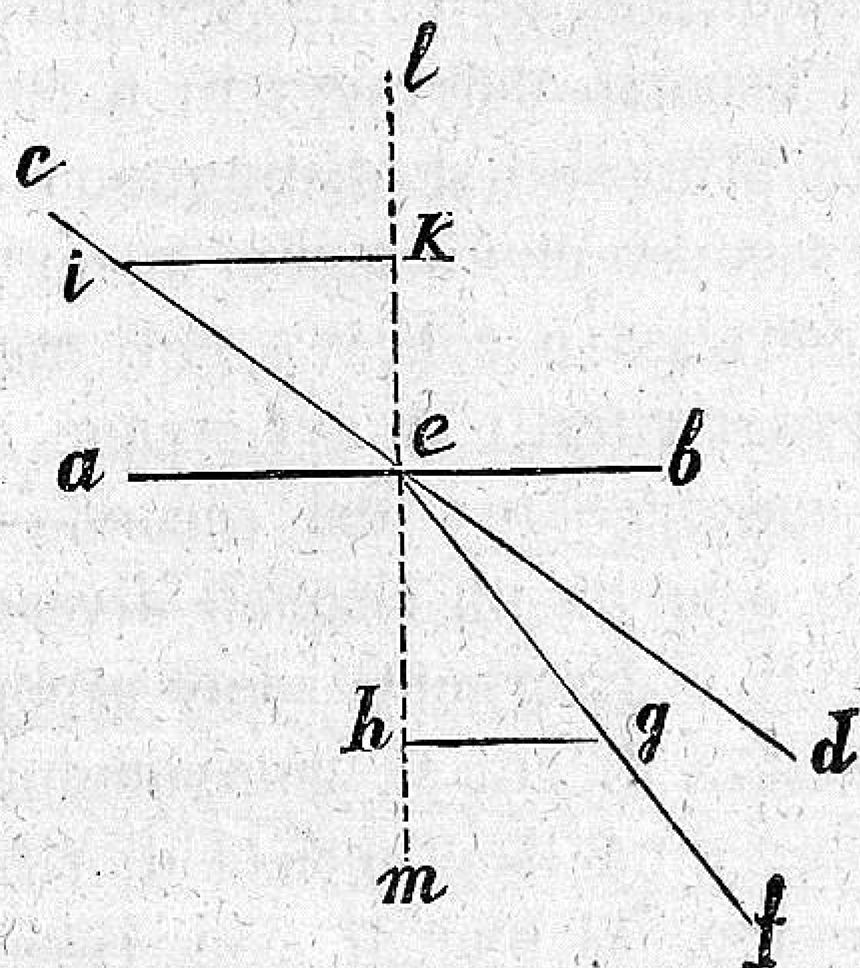


Fig. 4.
Rappresenta la deviazione che subiscono i raggi rifratti.

Supposto che il piano *a b* (fig. 4) separi un mezzo superiore meno denso, da un mezzo inferiore più denso, e che *c d* sia la direzione del raggio incidente, questo si rifrange in *e f* avvicinandosi alla perpendicolare *l m* e formando un angolo di rifrazione *g e h*, il cui seno *g h* si mantiene per questi e per altri mezzi di eguale rifrangibilità in un rapporto costante col seno *i k* (perpendicolari su *l m* da punti *i g* equidistanti da *e*) dell'angolo d'incidenza *i e k*. L'indice o il coefficente di rifrazione viene ad essere in questo caso $\frac{ik}{hg}$ Data una unità di lunghezza, l'indice di rifrazione è sempre maggiore dell'unità nel passaggio per un mezzo più denso, sempre minore nel caso contrario.

Evidentemente *i k* è maggiore di *h g*. Supposto $ik=3$, $hg=2$, l'indice di rifrazione sarebbe in questo caso $3/2 = 1,5$. Supposto invece incidente *f e*, rifratto in *e c*, l'indice di rifrazione sarebbe $\frac{hg}{ik}$ e quindi $2/3 = 0,7$ circa. Nella determinazione dell'indice di rifrazione si suppone sempre che il raggio passi dall'aria nel mezzo rifrangente. Si ottengono allora dei coefficenti assoluti, che per l'acqua e per il vetro sarebbero rispettivamente $= 1,336$ $1,535$. Dai conosciuti coefficenti assoluti di due corpi si desume il coefficente relativo di rifrazione del raggio che passa dall'uno all'altro

di essi. Essendo il vetro più rifrangente dell'acqua, un raggio che passa da questa in quello deve subire una rifrazione, il cui coefficente relativo è $\frac{1,335}{1,336} = 1,149$.

§ 60. *Contegno della rifrazione alle lenti.*

Siccome i mezzi diottrici dell' occhio presentano delle superficie che possono essere considerate come sferiche, così diventa necessario conoscere il decorso dei raggi in mezzi rifrangenti di questa forma. A questo proposito si distinguono due principali disposizioni diottriche, a seconda che il mezzo meno rifrangente è contiguo ad una superficie convessa o concava del mezzo più rifrangente. Nel primo caso i raggi rifratti si avvicinano alla perpendicolare e si ha un sistema convergente; nel secondo caso si allontanano dalla perpendicolare e si ha un sistema divergente.

Sistemi convergenti e divergenti sono rappresentati dalle lenti, le quali, per la sostanza di cui si compongono e per la curvatura delle loro superficie, hanno la proprietà di rifrangere i raggi luminosi che le attraversano. Alcune di esse rifrangono i raggi convergendoli; sono sempre più grosse al centro che ai margini e possono essere biconvesse, piano-convesse o convesso-concave. Altre invece rifrangono i raggi divergendoli; sono sempre più sottili al centro che ai margini e si distinguono in biconcave, piano-concave e concavo-convesse.

Prototipo delle lenti convergenti sono le biconvesse a superficie sferiche.

Vi si distinguono i centri di curvatura, il centro ottico, l' asse principale, gli assi secondarii, il foco principale e i fochi conjugati.

Diconsi *centri di curvatura* i due punti centrali delle sfere a cui appartengono le superficie della lente. La retta che congiunge questi due centri è l' *asse principale* della lente. Nell' attraversare la lente, questa retta s'incontra nel suo *centro ottico*, che è un punto, il quale per ragioni (troppo lunghe ad esporsi) di valutazione geometrica della lente, gode della proprietà, che qualunque raggio luminoso passante per esso, non risente deviazione angolare, ma emerge dalla lente paralello al raggio incidente. *Assi secondarii* della lente sono le innumerevoli rette che l'attraversano, passando per il suo centro ottico. Tutti i raggi luminosi coincidenti cogli assi secondarii godono della stessa proprietà spettante al raggio luminoso coincidente coll'asse principale di non subire deviazione angolare, perchè valutando geometricamente la lente come un aggre-

gato di prismi, i raggi coincidenti cogli assi sono perpendicolari all'elemento piano, che alla superficie di una lente biconvessa corrisponderebbe alla base del prisma. Il piano verticale all'asse ottico e tangenziale al vertice dalla convessità della lente (s' o s fig. 5) dicesi piano principale e *punto principale* s' o s.

Valga pel detto e pel da dirsi la seguente figura 5, nella quale $L\ fv$ è l'asse principale di una lente biconvessa a curvature eguali, $A3\ A'4$ sono gli assi secondarii, O il centro ottico. Supponendo che $L\ fv$ coincida coll'asse di un cono emanante da un punto luminoso indefinitamente lontano, i suoi raggi $l'a$, $l\ b$ potranno considerarsi come sensibilmente paralelli all' asse medesimo. Non passando questi per il centro ottico verranno rifratti su di esso in un punto f, che è il *foco principale* della lente e *distanza focale* la linea $s\ f$. Essa è costante per una medesima lente, ma variabile coi raggi di curvatura e coll' indice di rifrazione. Nelle lenti ordinarie, che sono di crown, il fuoco principale coincide quasi col centro di curvatura.

Portando il punto luminoso in f, i suoi raggi $f\ d$, $f\ e$ dovranno essere rifratti sensibilmente paralelli nelle direzioni $a\ l'$, $b\ l$.

Portando il punto luminoso in L, ad una distanza maggiore della focale, ma non tale (indefinita) da non potersi considerare i suoi raggi come sensibilmente paralelli, allora, cadendo essi divergenti in La, $L\ b$, ma meno divergenti che in $f\ e$, $f\ d$, la lente potrà convergerli in un punto $f\ e$ più lontano di f, perchè $L\ a$, $L\ b$ sono più divergenti di $l'a$, $l\ b$ e tanto più lontano, quanto più L avvicinasi al foco principale (e viceversa) finchè in quest'ultimo i suoi raggi saranno rifratti paralelli. Portando il punto luminoso in fc i suoi raggi $f\ ce$, $f\ cd$ dovranno essere rifratti nelle direzioni aL, bL, epperò $f\ c$ dicesi *foco conjugato* di L, perchè alla sua volta L può essere foco conjugato di $f\ c$.

Foco principale e fochi conjugati sono *reali* perchè risultanti da vera riproduzione del punto luminoso per convergenza de' suoi raggi. Essi formansi sempre da quella parte della lente, che è opposta a quella in cui fu posto il punto luminoso e debbonsi distinguere dai *fochi virtuali*, così detti, perchè non risultanti da una reale, ma da una virtuale riproduzione dei punti luminosi per riferimento della sensazione sul prolungamento dei raggi emananti dalla lente in direzione divergente.

Se portasi infatti il punto luminoso in i, quindi sulla distanza focale, i suoi raggi $i\ e$, $i\ d$, cadono troppo divergenti sulla lente per emanare da essa in direzione sensibilmente paralella e molto meno convergente. Rifrangendosi però nella lente, ne escono meno divergenti nelle direzioni $e\ x$, $d\ x$, e l'occhio colpito da questi raggi

li riferisce sui loro prolungamenti punteggiati *e fv*, *d fv* nel punto *fv*, che è il foco virtuale di *i*, tanto più lontano dalla lente, quanto più *i* avvicinasi ad *f* e che differisce dai fochi reali perchè virtual-

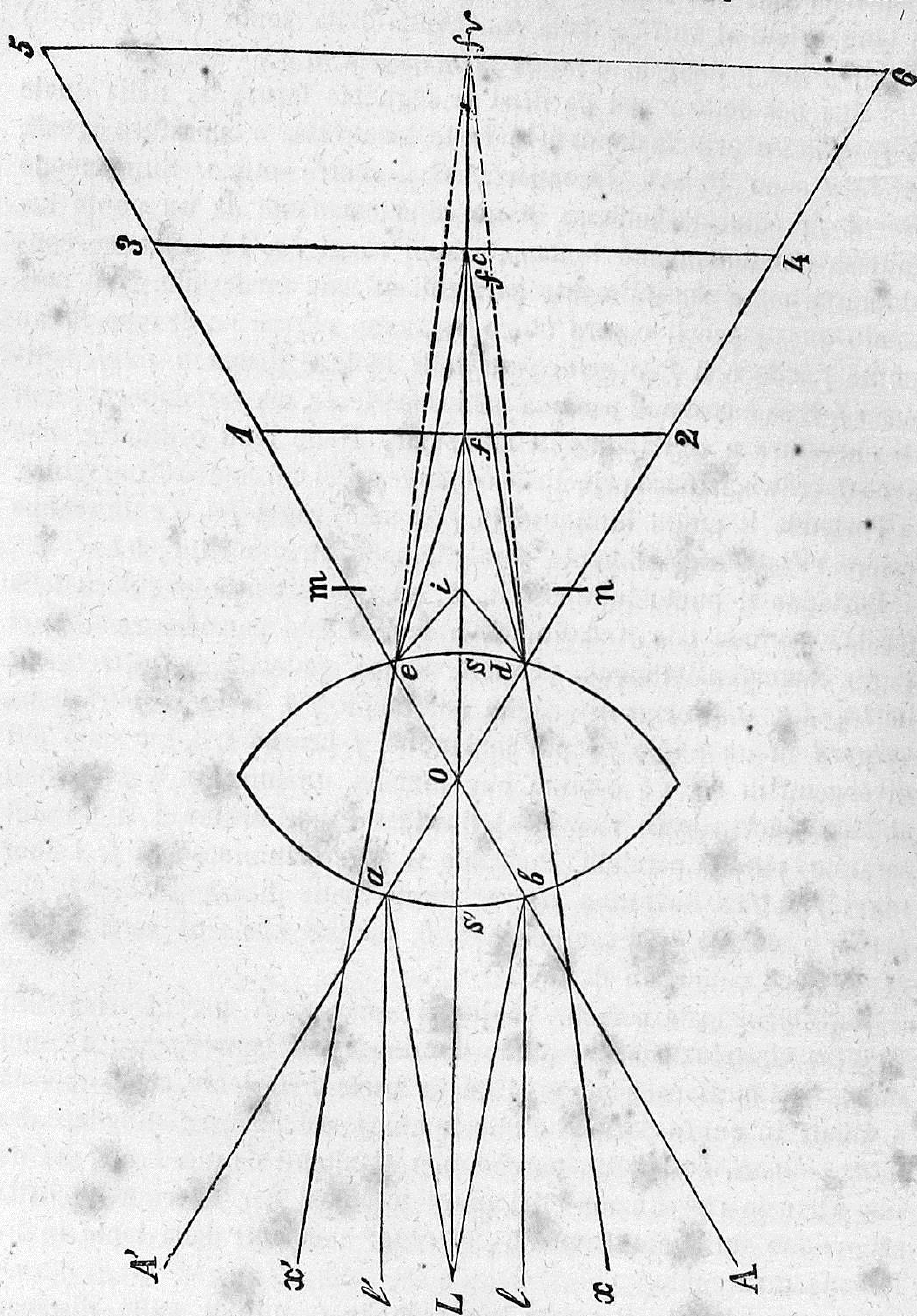


Fig. 5.
Rappresenta il contegno della rifrazione alle lenti convergenti.

mente esistente da quella stessa parte della lente in cui fu posto l'oggetto.

Contegno analogo al cono luminoso *L* presenterebbero i coni luminosi *A* ed *A'*, i cui raggi convergerebbero realmente e rispettivamente nei punti *1*, *3* e *2*, *4*, mentre la congiunzione virtuale si farebbe nei punti *5*, *6*.

Non altro essendo ora le immagini degli oggetti, che la riproduzione focale dei loro punti luminosi, ne verrà, che dalle lenti convergenti potremo avere delle immagini reali e delle immagini virtuali. Le prime risultano dalla somma di fochi reali, suscettibili di agire, ad esempio, chimicamente come negli apparati fotografici. Le seconde dalla somma di fochi non aventi che una esistenza virtuale per riferimento visivo sul prolungamento dei raggi rispettivi.

Sovra piani quindi applicati fra *1*,*2* e *3*,*4* potranno essere projettate le immagini reali di oggetti posti da distanza indefinita fino ad *L*, i cui punti luminosi *A'*, *L*, *A* si riproducono rispettivamente in *2* *f*, *1* e in *4*, *fc*, *3*. Queste immagini saranno projettate da quella parte della lente che è opposta a quella in cui esiste l'oggetto, saranno arrovesciate, tanto più grandi quanto più discoste da *f* verso *fc*, ovvero quanto più l'oggetto è vicino ma oltre il foco principale, e tanto più distinte, quanto più coi punti focali coincide il piano di projezione. Che se questo piano cadesse prima o dopo i punti focali, in allora questi punti sarebbero sostituiti da circoli luminosi per raggi ancor convergenti verso il foco, o divergenti dopo di esso, e l'immagine potrebbe ancora projettarsi più indistinta, fino a quando questi circoli per progressivo ingrandimento non si fondono reciprocamente fra loro. Per lo stesso motivo sarà ottenibile ancora una indistinta immagine reale per projezione di raggi ancora convergenti, se portiamo il piano *1*,*2* verso *i*: e per projezione di raggi divergenti dopo il foco, se portiamo il piano *3*,*4* verso *fv*.

Sul piano *5*,*6* e per circoli luminosi da convergenza o divergenza di raggi più indistintamente anche in piani rispettivamente anteriori o posteriori al medesimo, potrà essere riferita la immagine virtuale di un tale oggetto, i cui punti luminosi siano rappresentati da *m*, *i*, *n*, quantochè sul piano anzidetto cadrà in *fv* il foco virtuale di *i* e rispettivamente nella intersecazione delle linee *A' A* colla linea *5*,*6* i fochi virtuali di *n* e di *m*. A differenza quindi delle immagini reali, le immagini virtuali saranno riferite da quello stesso lato della lente in cui esiste l'oggetto osservato dal lato opposto, saranno diritte, e saranno sempre più grandi dell'oggetto a cui si riferiscono, e tanto più grandi, quanto più l'oggetto avvicinasi ad *f* senza passarlo.

È per questa via che otteniamo lo scopo, quando ci proponiamo di vedere ingranditi degli oggetti osservati attraverso una lente convergente.

Le lenti divergenti, siccome quelle che rifrangono sempre i raggi luminosi in direzione divergente, non hanno fochi reali, ma soltanto fochi virtuali, di cui uno principale, che è quello derivante dal riferimento di raggi che ebbero una incidenza sensibilmente paralella, mentre gli altri fochi virtuali cadono fra il foco principale e la lente, se questa sia esposta alla incidenza di raggi divergenti. La cognizione di queste lenti è del resto meno importante, perchè non vi hanno nell'occhio rifrazioni dispersive.

§ 61. *Aberrazione sferica e cromatica delle lenti.*

Non si deve credere che il foco principale di una lente convergente sia strettamente rappresentato da un punto. Due cause inerenti, l'una alla curvatura della lente, l'altra alla natura della luce, tendono a dare al punto focale una estensione lineare.

La proprietà dei raggi paralelli di convergere sull'asse non si verifica se non per quelli di essi che cadono sovra un segmento centrale della lente sferica, il cui arco non sorpassi i 10 o 12 gradi; tutti i raggi che cadono al di là di questo segmento verso i margini della lente, provano una rifrazione maggiore e convergono in altrettanti punti assai prossimi al foco principale, ma più vicino alla lente. Il più sollecito convergere dei raggi eccentrici dà luogo all'*aberrazione di sfericità*, che è corretta nell'occhio dall'iride e negli strumenti ottici dai diaframmi.

La luce bianca rifratta si scinde ne' suoi componenti elementari, che noi rileviamo in forma di colori spettrali e che in ordine di decrescente rifrangibilità sono: il violetto, l'azzurro, il verde, il giallo ed il rosso. Ne verrà di conseguenza la formazione di tanti fochi vicinissimi, quante sono appunto le diverse rifrangibilità dei raggi elementari e una conseguente *aberrazione di rifrangibilità* o *cromatica*, alla quale è dovuta l'iridescenza che circonda l'immagine degli oggetti osservati attraverso una lente. Siccome la diversa rifrangibilità dei raggi elementari non mantiene lo stesso rapporto nei varii mezzi rifrangenti, così ne traggono profitto gli ottici per la costruzione delle così dette *lenti acromatiche*, nelle quali se non è tolta affatto, è però molto emendata l'aberrazione di rifrangibilità mediante unione di una lente biconvessa di *crown* e di una lente piano-concava di *flint*, le quali ingrandiscono complessivamente come una lente piano-convessa. Siccome poi nella correzione del-

l'aberrazione di sfericità i diaframmi hanno l' inconveniente di limitare il campo visivo, così suolsi ajutare questa correzione avvicinando varie lenti di data curvatura, le quali ove sieno anche acromatiche formano un così detto *sistema aplanatico*. Si comprende facilmente come per l'aggregazione di varii mezzi diottrici si abbia qualche cosa di analogo anche nell'occhio, tuttochè però non manchino anche in esso, come vedremo, le aberrazioni.

§ 62. *Riflessione della luce e specchi.*

La insorgenza che ha luogo nell'occhio d'immagini riflesse dagli stessi suoi mezzi diottrici, rende necessario un breve richiamo di cognizioni relative agli specchi.

Chiamasi *specchio* ogni corpo, la cui superficie levigata riflette regolarmente la luce, riproducendo la immagine degli oggetti che gli si mettono davanti.

Secondo la loro forma possiamo distinguere tre principali specie di specchi: i *piani*, cioè, i *concavi* ed i *convessi*.

Per la eguaglianza degli angoli d'incidenza e di riflessione, i raggi luminosi che cadono divergenti su di uno *specchio piano*, vengono riflessi in direzione divergente, per modo che, riferendoli sui loro prolungamenti, convergono in un punto al di dietro dello specchio, a tale distanza, qual' è quella del punto luminoso al davanti del medesimo e sulla perpendicolare condotta dal punto luminoso allo specchio. Trasferendo il concetto alle immagini, queste saranno virtuali, al di dietro dello specchio, alla stessa distanza dell' oggetto dallo specchio, non saranno capovolte, ma simmetriche all' oggetto nel senso della geometria, che chiama simmetrici, rispetto ad un piano, due punti, quando sono situati sopra una stessa perpendicolare a questo piano e ad eguale distanza l' uno da una parte del piano, l'altro dalla parte opposta.

Considerando fra gli specchi concavi quelli che sono rappresentati da un segmento di sfera, hanno essi un' *asse principale*, che passa pei due centri di figura e curvatura dello specchio e degli *assi secondarii* che passano pel centro di curvatura. Ogni specchio concavo ha tre generi di fochi, il *principale*, cioè, i *conjugati* e i *virtuali*, che non differiscono in altro dai fochi delle lenti convergenti, se non per essere effetto di riflessione anzichè di rifrazione e per avere, relativamente allo specchio, una posizione inversa di quella che hanno i fochi da rifrazione relativamente alla lente.

Supponendo infatti un punto luminoso a tale distanza indefinita

dallo specchio, che diriga i suoi raggi paralelli all'asse principale, subendo essi un angolo di riflessione eguale a quello d' incidenza, convergeranno in un punto dell' asse principale equidistante dai due centri di curvatura e di figura dello specchio, formandovi il *foco principale.* Portando il punto luminoso nel foco principale avremo dei raggi riflessi paralellamente all'asse. Avvicinando invece da una distanza indefinita il punto luminoso al centro di curvatura dello specchio in modo da colpirlo con raggi divergenti, in allora i raggi riflessi, per mantenere un angolo eguale a quello d' incidenza dovranno concorrere in un *foco conjugato,* posto sempre tra il foco principale e il centro di curvatura, e tanto più vicino al primo, quant'è maggiore la distanza del punto luminoso dal centro di curvatura dello specchio. Se il punto luminoso venga posto tra il foco principale e lo specchio, inallora i raggi riflessi essendo divergenti non formano *foco reale* al davanti dello specchio, ma soltanto *foco virtuale* al di dietro del medesimo.

Applicando alle immagini ciò che abbiamo detto dei fochi, abbiamo per gli specchi concavi le due specie d'immagini reale, cioè, e virtuale. La immagine reale, più piccola dell' oggetto ed arrovesciata, si forma tra il foco principale e il centro di curvatura dello specchio, quando l'oggetto sia posto al di là del centro medesimo; invertendo la posizione si avrà pure un'immagine reale arrovesciata ma ingrandita laddove esisteva l' oggetto, il quale se venga posto nel foco principale non produce immagine, perchè i raggi vengono riflessi paralelli, se tra il foco principale e lo specchio dà luogo ad una immagine virtuale diritta ed ingrandita, effetto del prolungamento al di dietro dello specchio dei raggi riflessi e della loro virtuale convergenza sui rispettivi assi.

Negli specchi convessi non vi sono che fochi virtuali, poichè i raggi paralelli venendo riflessi divergenti si riferiscono i loro prolungamenti in un punto posteriore allo specchio, che è il foco virtuale principale del medesimo. Che se invece il punto luminoso, per minor distanza dallo specchio, riflettesse i raggi in direzione più divergente, inallora formansi altri fochi virtuali fra il foco principale e la superficie posteriore dello specchio, tanto più vicini a quest' ultima, quanto è maggiore la divergenza dei raggi incidenti o la vicinanza dell' oggetto allo specchio. Ne verrà di conseguenza, che l'immagine degli specchi convessi sarà sempre virtuale, diritta e più piccola dell'oggetto, ma tanto più grande, quanto più quest'ultimo è avvicinato allo specchio e tanto più piccola, quant'è più convesso lo specchio.

III. — Valutazione ottica dell'occhio.

§ 63. *Valutazione diottrica dell'occhio.*

Condizione essenziale per la visione si è: che in altrettanti punti sensibili del mosaico retinico, si concentrino sui rispettivi assi i raggi emananti dai punti luminosi dell' oggetto, epperò, che sulla retina venga projettata una immagine arrovesciata dell'oggetto medesimo.

Data la possibilità di determinare per costruzione l' andamento dei raggi luminosi in un mezzo rifrangente; data pure la possibilità di determinare o di calcolare gli elementi diottrici dell'occhio, sarà possibile inferire, se il posterior piano focale dell'occhio corrisponda nella sua ubicazione allo strato di bacilli e di coni, nel cui spessore dovrebbero appunto concentrarsi i fochi dei punti luminosi.

Gli elementi diottrici dell' occhio sono rappresentati dalla forma e spessore de'suoi mezzi e dai loro indici di rifrazione.

Quanto al primo elemento, dalle primitive misurazioni di Petit sull'occhio cadaverico, e dalle successive determinazioni di Kohlrausch (basate sul principio di calcolare le curve dei mezzi diottrici dalle dimensioni delle loro immagini catottriche) emersero i seguenti risultati:

Lunghezza dei raggi di curvatura delle principali superficie diottriche.

Raggio di curvatura della cornea.	mill.	8
» della superficie anteriore della lente . .	»	10
» della superficie posteriore » » . .	»	6

Spessore dei mezzi diottrici in corrispondenza dell'asse ottico.

Spessore della cornea e dell'umor acqueo. .	mill.	4
» della lente.	»	4
» del vitreo	»	14, 6
Distanza della macchia gialla dal vertice della cornea o lunghezza dell'asse ottico	»	22, 6

Quanto all'indice di rifrazione dei diversi mezzi diottrici dell'occhio, gli assoluti di essi non si discostano molto da quelli dell'acqua.

Indice di rifrazione dell'acqua	1, 335
Media dell'indice di rifrazione della cornea. . .	1, 33
» » » dell'umor acqueo .	1, 34
» » » della lente . . .	1, 45
» » » del vitreo. . . .	1, 34

Gl'indici relativi di rifrazione sono:

Dall'aria alla cornea 1,33

Dalla cornea all'umor acqueo . . . . . $\frac{1,34}{1,33} = 1,006$

Dall'umor acqueo alla lente. . . . . . $\frac{1,45}{1,34} = 1,08$

Dalla lente al vitreo . . . . $\frac{1,34}{1,45} = 0,92$

Dalla cornea al nucleo lenticolare i raggi luminosi attraversano quindi dei mezzi sempre più rifrangenti, con rifrazione massima dall' aria alla cornea, epperò dovranno ad ogni passaggio da un mezzo all' altro tendere sempre più alla perpendicolare, con lieve deviazione da essa nel successivo passaggio dalla lente al vitreo.

Rispetto a questi elementi è però ad osservarsi: 1° Che vitreo e lente non sono mezzi diottrici uniformi, essendo variamente rifrangenti i diversi strati della lente e al massimo rifrangente la sua parte nucleare. 2° Che le superficie diottriche non sono sferiche e non posti esattamente sulla medesima linea i loro centri di curvatura, motivo per cui non vi sarebbe a tutto rigore un'asse ottico comune a tutti i mezzi diottrici. 3° Che la linea visiva o la retta tesa dal punto luminoso objettivo al centro della macchia gialla, non coincide coll'asse ottico (asse della cornea) ma cade più all'interno, verso il naso, incrociandosi con esso in un angolo di circa 5°.

Tutte queste circostanze fanno sì che il valore diottrico dell'occhio non possa essere determinato che in modo approssimativo.

L'occhio riproduce co'suoi mezzi diottrici un sistema lenticolare; è ciò che dicesi quindi un *sistema diottrico composto.* Or quando un raggio luminoso passa per un simile sistema si hanno tanti centri ottici, quante sono le superficie divisorie. Questi numerosi centri però sono sostituibili, secondo Gauss, da due punti, per modo che il raggio incidente e quello ultimamente rifratto, ovvero sia la direzione del raggio dal primo all'ultimo mezzo diottrico presenta rapporti analoghi a quelli che avrebbe presentato se si fosse rifratto una sol volta.

Partendo da questo principio, Listing costrusse l'occhio schematico medio coi seguenti punti cardinali (*Fig.* 6, pag. 343):

Primo punto principale P, sull'asse ottico. . mill. 2,1746
dal vertice esterno della cornea.
Secondo punto principale P' . . . . » 5,4276
al davanti della superficie posteriore della lente.
Distanza fra i due punti principali . . . . » 0,3978

Primo foco principale o anteriore F . . . mill. 12,8326
al davanti della cornea.
Secondo foco principale o posteriore F' . . » 14,6470
al di dietro della superficie posteriore della lente.
Distanza focale ant. quindi 2,3745 + 12,8326 = » 15,2071
Distanza focale posteriore 14,6470 + 5,4276 = » 20,0746
Primo centro ottico C . . . . » 7,2420
al di dietro del vertice esterno della cornea.
Secondo centro ottico C' . . . . » 0,3602
al davanti della superficie posteriore della lente.
Distanza fra i due centri ottici . . . . . . » 0,3978
come quella fra i due punti principali.

Attesa la poca relativa distanza dei due punti principali PP' e dei due centri ottici CC' in mill. 0,39, si possono considerare come coincidenti in un punto intermedio, ed ammettere quindi un solo punto e piano principale a mill. 2,57 dal vertice esterno della cornea ed un solo centro ottico a mill. 0,56 al davanti della superficie posteriore della lente, che è quanto dire, in media, a 15,2 mill. al davanti della retina. Avanzando su questa base il secondo punto principale a 5,6276 al davanti della superficie posteriore della lente, la distanza focale posteriore (5,6276 + 14,6470) viene ad essere rappresentata da 20,2746, che sommata alla distanza dalla cornea del primo punto principale arretrato di mill. 0,2 = 2,3746, dà come lunghezza dell'asse ottico mill. 22,6492, quale presso a poco (22,60) è risultato dalla misurazione diretta.

L'occhio adunque può essere nella sua parte diottrica considerato come una lente convergente biconvessa, che anteriormente ha il suo foco principale a quasi 13 mill. dalla cornea, posteriormente invece a tale distanza dalla superficie posteriore della lente cristallina (14.64 mill.) da coincidere col piano retinico.

Un punto luminoso quindi, che venga portato nei fochi principali anteriore e posteriore avrà rifratti i suoi raggi in direzione paralella, epperò, un oggetto posto nei corrispondenti piani focali non potrà riprodurre per rifrazione la sua immagine reale arrovesciata.

Perchè al davanti dell'occhio si produca questa immagine di un oggetto posto nel piano retinico bisognerà correggere la direzione dei raggi che escono paralelli dall' occhio, ed è appunto su questo principio fondata la costruzione di alcuni oftalmoscopj per la visione della stessa retina.

Perchè poi sulla parte posteriore dell'occhio si projetti la imma-

gine di un oggetto posto al davanti del medesimo, bisognerà portare questo oggetto al di fuori della distanza focale anteriore dell'occhio, vale a dire al di fuori di 13 mill. dalla cornea.

Se nonchè, appena oltre questa distanza, i raggi incidenti saranno tanto divergenti, che dopo la rifrazione acquisteranno poca convergenza, epperò i loro fochi reali e la conseguente immagine non si projetterà che molt' oltre la retina, la quale sarà colpita da circoli luminosi da convergenza di raggi. Il piano di projezione di questa immagine andrà sempre avvicinandosi al piano retinico, mano mano che si allontana l'oggetto dal foco anteriore, fino a tanto, che giunto a tal distanza da esso, da potersi considerare i suoi raggi come sensibilmente paralelli, si otterrà col foco principale la projezione dell' immagine sul piano retinico. Essendo questa projezione sul piano retinico una condizione necessaria per la distinta visione dell' oggetto, la distanza a cui la si ottiene prende il nome di *distanza visiva*, che varia per ogni occhio, che oscilla per occhi abbastanza normali fra 5 e 15″ (12 a 36 centimetri) e che presenta una media costante per ogni occhio, alla quale si può persistentemente e distintamente vedere senza stanchezza un oggetto, come nella lettura, e che oscilla per l' occhio normale fra otto e dieci pollici (20 a 24 centimetri).

Se noi infatti portiamo un oggetto fra l'occhio e la sua distanza visiva, abbiamo una percezione indistinta e sfumata dell' oggetto medesimo, perchè la sua immagine non è projettata nettamente sulla retina, colpita da circoli di convergenza reciprocamente invadentisi, e non è, se non allontanando gradatamente l' oggetto fin verso la distanza visiva, che acquistiamo una esatta e nitida percezione del medesimo.

Due linee, le quali dai due estremi di un oggetto osservato convergono al centro ottico, vi formano l'*angolo visivo*, che sarà eguale all'angolo opposto al vertice risultante dal prolungamento di queste linee sulla retina, con conseguente formazione di due triangoli simili. In base a questi dati potrà essere calcolata la grandezza dell' immagine retinica, poichè ammessa g la grandezza dell'oggetto, d la sua distanza dal centro ottico, d' la distanza di quest'ultimo dalla retina (15,2 mill.) avremo $g : x :: d : d'$ epperò si avrà $x = \frac{g\ d'}{d}$ Allontanando l'oggetto oltre la distanza visiva diminuisce, coll'angolo visivo, la immagine retinica e l'oggetto ci sembra più piccolo.

Da una distanza indefinita però, alla quale i raggi incidenti si possono considerare come sensibilmente paralelli, procedendo verso e fino alla distanza visiva, i raggi stessi vanno acquistando progressivamente una maggiore divergenza. Questa maggiore divergenza

non influisce sul sensibile paralellismo dei raggi fino ad una distanza di circa 65 metri dall' occhio. Da questa però alla distanza visiva, la crescente divergenza dei raggi fa sì, che i fochi posteriori non si fanno in un punto, ma in una serie di punti rappresentanti una linea focale. Quanto più l' oggetto è avvicinato alla distanza visiva, tanto maggiore essendo la divergenza dei raggi, tanto più oltre il piano retinico formasi il suo foco. Necessitando ora per la distinta visione che i fochi cadano sul piano retinico, dovrà l' occhio variare il suo potere rifrattivo per modo, da aumentarlo coll' avvicinamento dell' oggetto alla distanza visiva, da diminuirlo col suo allontanamento dalla medesima. Ora l'occhio è costituito in modo da essere, nello stato di non attività de' suoi muscoli, idoneo alla visione lontana; mentre per la visione vicina aumenta, per mezzo specialmente del muscolo tensore, il suo potere rifrattivo.

Questo aumento però ha un certo limite rappresentato dalla distanza visiva, entro la quale il potere rifrattivo dell'occhio non può essere aumentato in modo da rendere possibile una distinta visione dell'oggetto, i cui fochi cadono oltre il piano retinico. La facoltà di aumentare il potere rifrattivo dell' occhio è quella che dicesi di *accomodazione*, per bene intendere la quale è utile preceda qualche cognizione relativa ai fenomeni catottrici dell'occhio.

§ 64. *Valutazione catottrica dell' occhio.*

Non v' ha mezzo diottrico, per quanto trasparente esso sia, che non rifletta in pari tempo qualche raggio incidente. Ciò avviene anche dell'occhio, a malgrado della trasparenza de'suoi mezzi diottrici. E siccome questi mezzi presentano superficie concave e convesse, così dalla riflessione dei raggi, dovranno, a termini del § 62, derivare immagini corrispondenti alle superficie medesime.

Le più evidenti di queste immagini sono quelle che si formano per riflessione: dalla superficie anteriore convessa della cornea, dalla superficie anteriore convessa e dalla superficie posteriore concava della lente. Le prime due dovranno essere immagini virtuali piccole e diritte; la terza è una immagine reale, piccola ed arrovesciata.

La prima di queste immagini è facilmente osservabile; per vederle tutte si faccia sedere all' oscuro una persona che tenga fisso l'occhio ad un oggetto lontano.

Da un lato dell'occhio e a livello del suo equatore si metta una candela accesa; si osservi dal lato opposto coll' avvertenza che la fiamma, l' equatore dell' occhio osservato e il centro pupillare del-

l'osservante si trovino sulla medesima linea. Si vedrà allora una immagine diritta della fiamma, riflessa dalla superficie anteriore della cornea al margine pupillare più vicino all'occhio osservante; una ben distinta immagine arrovesciata della medesima, riflessa dalla concava superficie posteriore della lente al margine pupillare opposto, e fra le due, la sfumata immagine diritta della convessa superficie anteriore della lente. Quest'ultima, per la sua natura virtuale, essendo arretrata rispetto all'avanzata imagine reale della superficie concava, sembra essere delle tre immagini la più posteriore.

Variando la curvatura delle superficie riflettenti, le immagini dovranno modificarsi nelle loro dimensioni e nella loro ubicazione, il che avviene appunto, come vedremo, nell'accomodazione.

Una riflessione ha pur luogo dalla convessa superficie dello strato più profondo della cornea, con formazione di una immagine virtuale diritta, che è però molto sbiadita e difficile a vedersi, perchè coincidente posteriormente colla più spiccata immagine virtuale dello strato corneale più superficiale.

Collo studio di queste immagini però non è esaurito l'argomento della valutazione catottrica dell' occhio, poichè una riflessione di raggi può pure aver luogo dalla concava superficie anteriore della retina.

Se questa superficie, a guisa del relativamente scabro sipario di una camera oscura, riflettesse in ogni direzione i raggi da cui è colpita, in allora si potrebbe facilmente vedere su di essa la immagine projettatavi dai mezzi diottrici dell'occhio, come questa immagine si vede facilmente sul sipario di detta camera. Ma una così abbondante e svariata riflessione della retina, avrebbe ostacolata la visione, perchè illuminando estesamente tutto il campo visivo, avrebbe moltiplicato le impressioni luminose a danno del risalto che devono avervi i punti illuminati rispetto agli oscuri.

Ora la retina, per la sua trasparenza, dà passaggio alla massima parte dei raggi, i quali vengono poi assorbiti tanto più numerosamente, quanto più è nero il pigmento coroideale. Come però l'assorbimento non è completo, così una piccola parte di raggi viene riflessa, non però in ogni direzione, sibbene, per la levigatezza della retina, con tale regolarità, che convergono nel punto luminoso esterno i pochi raggi riflessi da una retina che abbia concentrato sul suo piano il foco di questo punto. Il che è quanto dire, che i raggi riflessi da un occhio accomodato per la giusta visione di un dato punto luminoso, tengono la stessa direzione dei raggi incidenti, perchè trovano per via gli stessi mezzi diottrici. Avvertasi

però che questo principio non vale per tutti quanti i raggi riflessi, poichè se si projetta sulla retina la immagine assai viva di una fiamma, in allora alcuni raggi vengono anche riflessi dispersivamente.

Brücke fu il primo a prendere in considerazione questo argomento di catottrica fisiologica, opinando, che lo strato della retina in cui si concentrano i fochi eccitatori, fosse quello di dispersione del nervo ottico e che i raggi divergenti oltre i fochi, fossero in minima parte assorbiti dalla coroidea, in massima parte rinviati allo stesso punto di eccitazione dai bacilli retinici, che rifletterebbero a guisa di prismi e che egli considera quindi come semplici rinforzatori catottrici della eccitazione.

Questa idea di Brücke dovette cedere il campo alla considerazione, che i fenomeni della visione distinta sono meglio spiegabili ammettendo che la eccitazione avvenga negli stessi bacilli, e che in essi cadano quindi, come fu anche dimostrato da Müller, i fochi diottrici degli oggetti distintamente veduti.

Malgrado queste rettifiche, resta merito a Brücke di aver chiamata l'attenzione sulle proprietà catottriche dei bacilli, i quali, nella loro qualità di prismi, spiegano sovra sè stessi azione identica a quella che Brücke ammetteva spiegata sullo strato di dispersione del nervo ottico, riflettendo cioè nei proprii fochi diottrici i raggi divergenti da essi, rinforzando di tal guisa la eccitazione nel bacillo e mantenendo isolati nel medesimo ed impedendo quindi la dispersione ai bacilli circostanti dei raggi spettanti al suo foco.

La maggiore dispersione catottrica dei raggi dal fondo dell'occhio non ha luogo soltanto per aumento di luce al medesimo, ma anche per diminuzione del suo potere assorbente. L'occhio dell'albino ci appare rosso, perchè raggi non assorbiti (per mancanza di pigmento) e dispersivamente riflessi, illuminano i vasi coroideali.

Anche lo splendore dell'occhio di molti animali è un fenomeno di riflessione dal fondo dell'occhio, che manca nella perfetta oscurità, perchè non è vero, come credevasi, che abbia luogo sviluppo di luce dall'occhio. Nello spessore della coroidea di questi animali, e specialmente in quella parte di essa che corrisponde alla regione della più distinta visione della retina, esiste una membrana *(tapeto)* priva di vasi proprii e solo attraversata dai vasi coroideali. Questa membrana, o è fibrosa come nei ruminanti, o cellulare come nei carnivori e nei pesci. Le cellule del tapeto di questi ultimi contengono anche dei cristalli determinanti lo splendore argentino. Tutti questi elementi fibrosi o cellulari, una volta colpiti da raggi luminosi, determinano per interferenza la formazione di colori variabili fra l'azzurro, il verde, il giallo, il violetto ed il bianco. L'epitelio

coroideale scarseggia o manca di pigmento laddove corrisponde il tapeto, ed è questo il motivo per cui, non avendovi assorbimento di raggi, vengono essi riflessi e possono, anche a luce relativamente scarsa, determinare uno splendore corrispondente alla subita interferenza, splendore, che può anche tendere al rosso per esistenza di qualche grosso vaso sanguigno in corrispondenza del tapeto. Del resto i raggi riflessi dal tapeto possono, nel senso e nel modo più addietro indicato, rinforzare la eccitazione, specialmente a scarsa luce, motivo per cui lo vediamo appunto coincidere in genere colla regione della distinta visione.

Sui fenomeni catottrici dell'occhio è fondata l'azione degli oftalmoscopj, alla cui conoscenza crediamo utile far precedere quella dell'accomodazione.

§ 65. *Accomodazione.*

Essendo relativamente invariabile la posizione del sipario retinico, varia invece la lontananza dall'occhio degli oggetti osservati, vario quindi il grado di divergenza dei raggi incidenti, epperò non sempre coincidenti i loro fochi colla retina, che potrebbe essere colpita da circoli convergenti per oggetti troppo vicini o da circoli divergenti per oggetti troppo lontani, rendevasi necessaria una modificazione della rifrangibilità dell'occhio, o la sua *accomodazione* alla visione di oggetti variamente lontani.

Prendendo a base il suo occhio schematico, in cui, ad incidenza di raggi paralelli, il foco posteriore cade sulla retina alla distanza di mill. 15,2 dalla superficie posteriore della lente cristallina, Listing ha calcolate, per le diverse distanze dall'occhio, le seguenti distanze focali della retina e i seguenti circoli da convergenza sulla medesima.

Distanza del punto luminoso dall'occhio in metri	Distanza del foco posteriore oltre la retina in millimetri	Diametro del circolo da convergenza in millimetri
∞	0	0
65	0,005	0,0011
25	0,012	0,0027
12	0,025	0,0056
6	0,050	0,0112
3	0,100	0,0222
1,500	0,20	0,0443
0,750	0,40	0,0825
0,375	0,80	0,1616
0,188	1,60	0,3122
0,094	3,20	0,5768
0,088	3,42	0,6484

Risulta da queste cifre, che grandi distanze portano insensibili spostamenti focali (0,005 mill. da una distanza indefinita fino a 65 metri) mentre invece a distanze non superiori a 65 metri bastano piccoli avvicinamenti per indurre spostamenti focali relativamente considerevoli, e tanto più considerevoli, quanto più si agisce a minori distanze dall'occhio.

Questo spostamento del foco posteriore a piccola distanza è causa per cui noi non possiamo vedere con eguale e contemporanea distinzione due oggetti diversamente lontani. Se stando in una stanza interponiamo un dito fra l'occhio e la finestra e fissiamo il dito, vediamo indistintamente la finestra, fissata la quale vediamo indistintamente il dito. Nel primo caso la finestra più lontana forma sulla retina circoli da divergenza; nel secondo caso il dito più vicino forma sulla retina circoli da convergenza. Se fra uno scritto e l'occhio interponiamo una maglia relativamente fitta (quale, ad esempio, un teso velo bianco) leggiamo correntemente lo scritto e non vediamo la maglia se fissiamo il primo; vediamo invece distintamente i fili della maglia, ma ci appare confuso lo scritto se fissiamo la seconda. È pur parlante a questo proposito l'esperienza di Scheiner, di osservare, cioè, con un occhio, attraverso due forellini praticati con un ago in una carta a distanza minore del diametro pupillare (2 mill. circa) due aghi infissi in un piano a diversa distanza fra loro, ma sulla stessa linea visiva. Fissando l'ago più vicino, lo si vede fiancheggiato da due sfumati aghi laterali, che sono la doppia sbiadita immagine formata sulla retina da circoli di raggi divergenti dell'ago più lontano, mentre invece fissando quest'ultimo ago, lo si vede fiancheggiato egualmente da due sfumati aghi laterali per circoli luminosi da raggi convergenti dell'ago più vicino.

L'oftalmoscopio finalmente offre la prova più diretta e certa della necessità e dell'esistenza dell'accomodazione, potendosi con questo istromento rilevare, che quando sono contemporaneamente visibili le immagini projettate sulla retina da due oggetti diversamente lontani dalla medesima, non appare distinta che quella spettante all'oggetto fissato dall'occhio, mentre l'altra è tanto più incerta e sbiadita, quant'è maggiore la distanza che passa fra i due oggetti.

§ 66. *Linea d'accomodazione.*

È però ad osservarsi che per la distinta visione occorrendo l'isolamento di ciascun foco in un bacillo retinico, non è necessario che i fochi sieno rappresentati da punti matematici, ma potranno

esserlo anche da circoli da convergenza o divergenza, purchè questi circoli non oltrepassino il diametro di un elemento senziente o di un bacillo retinico, il quale per le sue proprietà catottriche riflettendo in sè stesso i raggi divergenti da cui fosse colpito, impedirebbe che questi invadessero i circostanti bacilli. E come questi ultimi, oltre ad avere un diametro, hanno anche una lunghezza, così è lasciata una certa latitudine alla formazione dei punti e dei circoletti focali, i quali senza detrarre alla distinzione della visione, potranno indifferentemente formarsi in ogni punto della lunghezza dei bacilli. Questa latitudine lasciata alla maggiore o minore concentrazione del foco ed alla sua ubicazione, sta anche in rapporto colla impossibilità che sulla retina si formino dei punti focali, poichè in causa della curvatura non sferica, ma asimmetrica delle superficie diottriche dell' occhio e specialmente della cornea, ogni punto luminoso si riproduce sulla retina in una linea, anzichè in un punto focale, epperò quelli dei raggi che toccano meridiani più incurvati della cornea si concentreranno prima degli altri che toccano meridiani meno incurvati.

Per la visione lontana quindi, nella quale fino a 65 metri non formasi che un circolo da divergenza di 0,0011, non abbisogna accomodazione, perchè il diametro di questo circolo non è superiore a quello di un bacillo retinico (0,0016). Diffatti, se noi osserviamo due oggetti lontani, li vediamo egualmente distinti (in relazione alla distanza) tuttochè questi oggetti sieno ben più lontani fra loro di quello sia, nella sovraindicata sperienza, il dito dalla finestra.

Da queste premesse risulta, che a qualunque distanza dall'occhio, esso, fissato in un punto, non è accomodato per questo punto soltanto, ma per una linea determinata dallo spessore dei bacilli retinici e dal tratto che può intercedere fra il punto focale e un corrispondente circolo focale, non superiore nel suo diametro a quello di un bacillo retinico. Questa linea d'accomodazione, che possiamo dire *subjettiva*, è tanto più lunga, quanto più l' oggetto è lontano, per modo che da 65 metri si estende all' infinito, mentre va sempre più abbreviandosi a distanze successivamente minori di 65 metri, perchè a tali distanze aumentano maggiormente i diametri dei circoli focali. Questa linea subjettiva può essere riprodotta objettivamente, poichè se tendiamo un lungo filo nella direzione dell'asse ottico e fissiamo con un occhio un punto del filo, vediamo, che per un certo tratto anteriore e posteriore a questo punto, quindi per una certa estensione lineare, il filo ci appare distintamente qual'è, mentre ai due estremi di questo tratto (tenendo sempre fisso l'occhio al medesimo punto) il filo stesso comincia ad ingrossare e

si fa progressivamente più grosso ed indistinto dall' estremità filiforme più vicina all'occhio verso l'occhio medesimo, e dalla estremità filiforme più lontana dall' occhio verso una maggior distanza dal medesimo. Ne risulta che il filo ci sembra come formato da due lunghi angoli opposti al vertice, il quale ha una certa estensione lineare, che è appunto la linea d' accomodazione *objettiva.* Questa linea si allunga coll'aumentare della distanza dall'occhio del punto fissato, si abbrevia invece col diminuire di questa distanza.

§ 67. *Accomodazione negativa* (?).

L'accomodazione adunque è più necessaria e maggiore a piccole che a grandi distanze. Questa esigenza non esclude l'adito al quesito, se l'occhio in riposo, ovvero sia l'occhio che non ha messo in attività le sue forze accomodatrici, sia disposto in modo da accomodarsi attivamente soltanto a visioni più vicine, ovvero se non abbia mai per avventura la facoltà di accomodarsi attivamente per visioni più lontane. Il che è quanto dire: che supposta, ad una data distanza, la incidenza sensibilmente paralella ma pur sempre divergente dei raggi a visione distinta senza accomodazione, come l' occhio accomodandosi a distanze minori corregge attivamente la soverchia divergenza dei raggi incidenti, così avesse pure forze attive per accomodarsi a distanze maggiori, o per correggere la deficente divergenza dei raggi, agendo da lente dispersiva. Weber, seguito da Graefe e da Fick, concedono all' occhio questa proprietà di *accomodazione negativa,* la quale però, anzichè essere dimostrata nell'attività degli organi che dovrebbero determinarla, è soltanto opinata in base allo sforzo che si deve fare per la visione lontana, alla stanchezza che ne consegue ed alla facoltà di aumentare coll'esercizio la presunta accomodazione negativa.

Supposta però anche la esistenza di questa facoltà, essa non avrebbe importanza pratica se non per quelli occhi, i quali nello stato di riposo fossero accomodati per una distanza relativamente vicina.

§ 68. *Limite d'accomodazione. — Optometro.*

Per nessun occhio l'accomodazione si estende in limiti indefiniti. Abbiamo già detto che la distanza visiva è quella minima distanza dall'occhio, a cui portando un oggetto, lo si può ancora distintamente vedere. Entro questa distanza l' accomodazione non agisce, perchè ha raggiunto il suo massimo, epperò diremo *punto vicino*

quello in cui, a questa distanza, è messo l'oggetto. Questo medesimo oggetto però incomincia a diventare indistinto allontanandolo soverchiamente dall'occhio e finisce col diventare invisibile quando la sua immagine non superi il diametro di un bacillo retinico, projettandosi sotto un angolo visivo di circa $^1/_4$ di minuto. Diremo *punto lontano* quello in cui l'oggetto incomincia a diventare indistinto, e *tratto di visione distinta* quello compreso fra i due punti vicino e lontano. Questo tratto e la distanza dei due punti dalla cornea variano nelle diverse persone e possono essere determinati coll'*optometro*, che agisce in base all' esperienza di Scheiner, la quale può sostituirsi anche all'optometro stesso, nel senso che si determinano i punti e il tratto, vedendo distinto o indistinto, attraverso i due forellini praticati nella carta, un ago od un capello teso, che possono anche avvicinarsi od allontanarsi mediante apparato a slitta graduato. L'optometro di Stampfer è appunto basato sull'esperienza di Scheiner. Helmholtz però ha impugnata la validità dei metodi optometrici fondati su questo principio ed ha proposto di partire da quest'altro, che una luce viva, cioè, osservata attraverso una piccola apertura praticata in un sipario, appare come una stella raggiata se l'occhio non è accomodato, mentre invece è regolarmente contornata nel caso opposto. Passando ora lateralmente tra il forellino e la pupilla un sipario, si oscura quel lato della figura luminosa che corrisponde al lato oscurato dal sipario se la luce è più lontana del punto lontano; si oscura invece il lato opposto se è più vicina del punto vicino, mentre a giusta accomodazione si oscura contemporaneamente in tutte le sue parti o irregolarmente in molte parti.

Dei due punti vicino e lontano, quello la cui distanza oscilla in maggiori limiti è il secondo, poichè se il punto vicino può oscillare da 4 a 12″, il punto lontano può essere ad una distanza indefinita, vale a dire può essere tanto lontano da mancare la visione dell'oggetto per piccolezza dell'angolo visivo, prima che si abbia la indistinta percezione del medesimo. Per la maggioranza degli occhi avviene, che coll'avvicinamento all'occhio del punto vicino si avvicina al medesimo anche il punto lontano; che coll'allontanarsi dall'occhio del punto lontano si allontana pure dall' occhio il punto vicino.

§ 69. *Emmetropia — Ametropia — Presbiopia.*

Fino a tanto che trattasi del punto vicino, dovendo entrare in azione l'accomodazione, l'ubicazione di questo punto e i suoi rapporti di distanza dal punto lontano dovranno di prevalenza tenere alla forza d'accomodazione.

Trattandosi invece di punto lontano, in cui l'accomodazione non agisce e l'occhio è in riposo (se almeno si prescinda dalla problematica accomodazione negativa) la sua distanza dovrà dipendere dalla forza rifrangente dell'occhio in riposo.

Donders fu il primo a richiamare l'attenzione sulla varietà di questi elementi per più precisamente designare e correggere le diverse visioni.

Supposto infatti l'occhio accomodato in riposo alla visione lontana, potrebbero, indipendentemente da ogni azione accomodativa, verificarsi i seguenti casi:

1.° Che l'occhio, tanto per ubicazione della retina, determinata dalla lunghezza antero-posteriore del bulbo, quanto per forza rifrattiva, sia conformato in modo da concentrare sulla retina stessa i fochi di raggi sensibilmente paralelli. Quest'occhio avrà il punto lontano ad una distanza indefinita.

2.° Che l'occhio, per arretramento di retina da maggiore lunghezza antero-posteriore, o per maggiore forza rifrattiva (forse per natura più rifrangente di umori) certo per aumento di curve, indotto specialmente da prevalenza di umori endoculari, ovvero per queste due cause unite, sia conformato in modo da concentrare i fochi di raggi paralelli in un piano anteriore a quello della retina, che verrebbe quindi colpita da circoli divergenti. Quest'occhio avrà il punto lontano a distanza non indefinita.

3.° Che l'occhio, per avanzamento di retina da minor lunghezza antero-posteriore, o per minore forza rifrattiva da cause opposte alle precedenti, concentri i fochi di raggi paralelli in un piano posteriore a quello della retina, che verrebbe quindi colpita da circoli convergenti. Quest'occhio non avrà che un punto lontano ideale di convergenza retro-retinica.

Donders chiama *emmetropo* l'occhio N. 1; *ametropi* gli occhi N. 2 e 3, dei quali sarebbe *brachymetropo* quello al N. 2, *ipermetropo* quello al N. 3.

La *miopia* e la *presbiopia* si riferiscono invece, anzichè a struttura dell'occhio accomodato a visione lontana, ad eccesso o a difetto di accomodazione. Come però la brachimetropia va generalmente congiunta alla miopia, così l'occhio corrispondente ha ritenuta la denominazione di occhio miope, che esprime contemporaneamente il valore diottrico e la forza accomodativa. L'occhio *presbite* (πρέσϐυς vecchio) invece, non è veramente un'anomalia, ma un indebolimento senile fisiologico dell'accomodazione, dovuto a scemata forza del rispettivo apparato muscolare e a maggiore resistenza del cristallino, che cambia meno facilmente la sua curva, motivo per cui l'accomoda-

zione essendo meno attiva, il presbite deve allontanare dall'occhio il punto vicino della visione distinta. A queste cause della presbiopia potrebbero andare congiunte anche quelle dell'ipermetropia per avvizzimento senile del bulbo e de' suoi mezzi diottrici.

La importanza pratica della distinzione fatta da Donders risulta abbastanza evidente, quando si pensi, che in base alla medesima, potrebbe essere presbite anche un occhio brachymetropo.

Oltre alle cause congenite, la miopia può essere indotta da abituale contemplazione di oggetti assai vicini, per cui l'accomodazione vicina diventa in certa guisa permanente, come avviene, per esempio, dei microscopisti, degli incisori, ecc. L'abituale visione di oggetti lontani invece (come pei cacciatori) può indurre od accelerare la presbiopia, per inerzia dei muscoli accomodatori. Su di essi, come su tutti gli altri muscoli agiscono inoltre, deprimendo, i narcotici, quali ad esempio, la belladonna (atropina) che usata internamente od applicata anche sulla congiuntiva, paralizza l'accomodazione, per cui fino a tanto che dura la sua azione si allontana il punto vicino.

§ 70. *Meccanismo di accomodazione.*

Prescindendo dalla problematica esistenza di un'attiva accomodazione per la visione lontana, quella per la visione vicina non si potrebbe ottenere, se non per queste tre vie. 1.° Spostamento tale della retina, per cui venisse questa a coincidere coi fochi posteriori. 2.° Spostamento dei mezzi diottrici, per cui dalla nuova ubicazione dell'oggetto osservato rispetto allo spostato foco anteriore derivi un consentaneo spostamento del foco posteriore. 3.° Cangiamento di curvatura dei mezzi diottrici, modificanti per questa guisa il loro potere rifrattivo, epperò determinanti essi pure uno spostamento del foco posteriore.

1.° Nella prima maniera di accomodazione, non essendo per sè stessa mobile la retina, si suppone che possa modificarsi il diametro antero-posteriore del bulbo per azione dei retti, i quali, o comprimendolo essi stessi, per la loro direzione tangenziale al bulbo, ne allungherebbero il diametro antero-posteriore; ovvero arretrandolo e comprimendolo contro il cuscinetto adiposo retro-bulbare lo accorcerebbero. In questo secondo caso l'occhio sarebbe accomodato alla visione lontana, mentre lo sarebbe alla vicina nel primo caso, in cui invece dei muscoli retti potrebbero agire con eguale effetto sul bulbo i muscoli obliqui.

Obbiezione capitale a questa spiegazione si è, che all'accomoda-

zione gradatamente più vicina, si concomita una crescente convergenza degli assi ottici, che implica una prevalente azione dei retti interni, un conseguente rilasciamento degli esterni ed esclude quindi o la eguale contemporanea azione di tutti i retti, o quella degli obliqui, azione per la quale il bulbo non avrebbe al postutto potuto accomodarsi che alla visione retta, mentre invece vi ha la possibilità dell'accomodazione in qualsiasi direzione della visione.

Recenti osservazioni, specialmente di Ruete, avrebbero infatti dimostrato, che non esiste un nesso necessario fra la direzione degli assi ottici e il grado dell'accomodazione, per modo che crescendo questa aumentasse la convergenza degli assi per coincidenza delle due azioni richieste dalla necessità di fissare gli occhi nell'oggetto vicino. Da tale coincidenza però, che alcuni ascrivono all'abitudine, altri invece a peculiare organamento dei centri nervosi, noi possiamo anche prescindere e ne avremmo, oltre a moltissimi altri, il più ovvio esempio nel fatto, che contemplando la luna con un occhio ed aprendo improvvisamente l'altro, vediamo tutt'a prima due lune, fino a tanto che non sia caduta nell'astro la convergenza degli assi, se in questo caso non si trattasse di visione lontana. Un fatto identico però noi possiamo ripeterlo osservando con un occhio un ago verticale vicino. Aprendo improvvisamente l'altro occhio vediamo tutt'a prima due aghi, specialmente se ci sforziamo di evitare la convergenza degli assi.

Anche i fatti patologici di paralisi dell'oculo-motore senza indebolimento dell'accomodazione, ed inversamente, provano la non concorrenza dei retti o degli obliqui alla accomodazione, la quale ove si facesse per loro azione, dovrebbe indurre modificazione della curvatura della cornea, che non avviene nell'accomodazione vicina, mentre poi Young ha dimostrato, che in questa accomodazione non vi ha il menomo allungamento del diametro antero-posteriore del bulbo.

2.° Per ciò che spetta allo spostamento dei mezzi diottrici fu assai vagheggiato lo spostamento anteriore della lente, che secondo Listing, il quale ammetteva un coincidente arretramento della retina di mill. 2,49, dovrebbe essere di mill. 1,5 e maggiore, se realmente la retina non si arretra.

Tuttochè difficile a spiegarlo, si volle attribuire la facoltà di produrre questo spostamento al tensore della coroidea, che dovrebbe vincere la resistenza del relativamente incompressibile acqueo, al quale, secondo un' acuta ipotesi di Ludwig, lascerebbero spazio i compressi vasi ciliari, con rifluenza posteriore del sangue a riempiere il vano lasciato fra la schlerotica e la coroidea dall' avanzamento di questa per azione del tensore.

Stellwag invece attribuirebbe l' avanzamento della lente all'iride, il cui contratto sfintere darebbe punto d'appoggio alle arcuate fibre radiate, perchè queste contraendosi premessero sui processi ciliari, questi sulla zonula e sul margine anteriore del vitreo, che diminuirebbe la sua concavità avanzando la lente.

Tuttochè in modo inesplicabile, fu pure attribuita alla sola iride la facoltà di determinare l' accomodazione, in base al fatto, che la pupilla si restringe nell' accomodazione vicina. Prescindendo dalla impossibilità di spiegare come mai lo stringimento della pupilla possa influire sull'accomodazione, Weber ha anche mostrato che tale stringimento non ha luogo in causa dell'accomodazione vicina, che è indipendente da essa e che non è altro se non un movimento associato a quello dei bulbi per aumentare la convergenza degli assi. Non ha luogo infatti stringimento nell' accomodazione vicina, quando non muti la convergenza o solo si tenti di non mutarla ed avviene invece la modificazione della pupilla ad ogni mutamento di convergenza, tuttochè si mantenga eguale la divergenza dei raggi incidenti.

3.° Le ultime ricerche fatte isolatamente da Cramer ed Helmholtz hanno messo fuori di dubbio, che l' accomodazione vicina è dovuta a modificata curvatura della lente cristallina, la quale, per elasticità della sua capsula, riacquista nella visione lontana la sua curvatura normale, al cessare delle forze che agirono per modificarla.

Questo enunciato è basato sull'osservazione che Cramer fece per il primo delle immagini catottriche coll'oftalmoscopio. L' ispezione comparativa di queste immagini ingrandite da 10 a 20 volte, ad accomodazione lontana e vicina, gli ebbe a dimostrare, che restavano immutate nella loro ubicazione, nella loro grandezza e luminosità le immagini corneale e lenticolare posteriore, mentre invece la più posteriore immagine lenticolare anteriore, che osservando l'occhio di prospetto è nella visione lontana pressochè equidistante dalla sinistra corneale e dalla destra lenticolare posteriore, si avanza nell' accomodazione vicina e si porta più a sinistra verso la immagine corneale, facendosi anche più piccola e più luminosa. Queste modificazioni accennano evidentemente ad uno spostamento della superficie riflettente e ad una diminuzione del suo raggio di curvatura, quale fu anche geometricamente dimostrato da Donders.

Con più esatto dettaglio però la modificazione di forma della lente nell'accomodazione vicina fu determinata da Helmholtz, che suggerì anche il modo per constatare facilmente l' aumento della curvatura anteriore della lente e il conseguente avanzamento del

margine pupillare. Se infatti si osserva da un punto laterale-posteriore l'occhio accomodato a distanza, si vede sporgere dal margine corneale soltanto una metà della pupilla, mentre accomodando l'occhio alla visione vicina, senza muoverlo, vedesi tutta la pupilla ed anche quella parte del margine irideo che è volto all'osservatore. Contemporaneamente si vede assottigliarsi una striscia nerastra che esiste fra la pupilla e il margine del profilo corneale e che è l'immagine da rifrazione corneale del margine scleroticale sporgente dallo stesso lato sull'iride. L'avanzamento del margine pupillare, trovato da Helmholtz eguale a mill. 0,36 a 0,44, è solo in piccolissima parte dovuto allo stringimento della pupilla, in massima parte all'avanzamento del vertice lenticolare. Come poi la incompressibilità dell' acqueo e la inalterabilità della curvatura corneale esigono, che avanzando col vertice della lente il margine pupillare dell'iride, si arretri il suo margine periferico, così Helmholtz ha pur dimostrato questo arretramento in ciò, che osservando l'occhio da un lato ed illuminandolo dal lato opposto, appare sull'iride del lato osservato una luminosa striscia arcuata, che nell'accomodazione vicina si avvicina al margine più periferico dell'iride, mentre invece se ne allontana nell'accomodazione lontana. Dedusse ancora la modificazione della curvatura anteriore della lente dall'impicciolimento e dal reciproco avvicinamento delle immagini catottriche di due fiamme poste a due fori praticati l'uno sopra l'altro, in un sipario oscuro, a cui dal lato opposto a quello delle fiamme si applica l'occhio osservato. Dalle dimensioni delle immagini misurate coll'oftalmometro e riducentisi da 11,9 a 8,6, da 8,8 a 5,9 mill., Helmholtz calcolò l' aumento del raggio di curvatura anteriore della lente. Ebbe poi a stabilire lo stesso Helmholtz, che impicciolisce pure d'alquanto la immagine catottrica della superficie posteriore della lente, tuttochè non si modifichi sensibilmente l' apparente ubicazione di questa immagine, per cui si dovrebbe conchiudere, che abbia pur luogo un lieve aumento di curvatura della superficie posteriore della lente.

Riassumendo le modificazioni che avvengono nell'occhio per l'accomodazione vicina, secondo Helmholtz, sarebbero: 1.° Stringimento della pupilla. 2.° Avanzamento del margine pupillare dell'iride ed arretramento della sua zona periferica. 3.° Aumento di curvatura della superficie anteriore della lente ed avanzamento del suo vertice anteriore. 4° Lieve aumento di curvatura senza spostamento della superficie posteriore della lente. 5.° Aumento quindi del diametro antero-posteriore della lente e diminuzione del suo diametro trasversale.

§ 71. *Variazioni delle costanti ottiche dell'occhio per l'accomodazione.*

Mentre, pel debito confronto colle precedenti di Listing, riportiamo in millimetri le costanti ottiche di Helmholtz a visione lontana, si modificherebbero esse, secondo lo stesso Autore, come segue, per l'occhio accomodato a visione vicina.

COSTANTI OTTICHE MISURATE.	ACCOMODAZIONE lontana	vicina
Raggio di curvatura della cornea	8,0	8,0
» » » » superficie lenticolare anteriore	10,0	6,0
» » » » superficie lenticolare posteriore	6,0	5,5
Lontananza della superficie anteriore della lente dalla superficie anteriore della cornea . . .	3,6	3,2
» della superficie posteriore della lente dalla superficie anteriore della cornea . . .	7,2	7,2

COSTANTI OTTICHE CALCOLATE.	lontana	vicina
Distanza focale anteriore della cornea	23,692	23,692
» » posteriore » »	31,692	31,692
» focale della lente	43,707	33,785
» del punto principale anteriore dalla superficie anteriore della lente	2,1073	1,9745
» del punto principale posteriore dalla superficie posteriore della lente	1,2644	1,8100
» dei due punti principali fra di loro . . .	0,2283	0,2155
» focale posteriore dell'occhio	19,875	17,756
» anteriore »	14,858	13,274
» del foco anteriore dalla superficie anteriore della cornea	12,918	11,241
» del primo punto principale dalla superficie anteriore della cornea	1,9403	2,0330
» del secondo punto principale dalla superficie anteriore della cornea	2,3563	2,4919
» del primo centro ottico dalla superficie anteriore della cornea	6,957	6,515
» del secondo centro ottico dalla superficie anteriore della cornea	7,373	6,974
» del foco posteriore dalla superfice anteriore della cornea	22,231	20,248

È qui che a maggiore schiarimento crediamo opportuna la introduzione della Fig. 6, che rappresenta l'occhio schematico ad ingrandimento lineare di 3, accomodato a visione lontana a sinistra *S*, ed a visione vicina a destra *D*. I punti cardinali, inerenti a visione

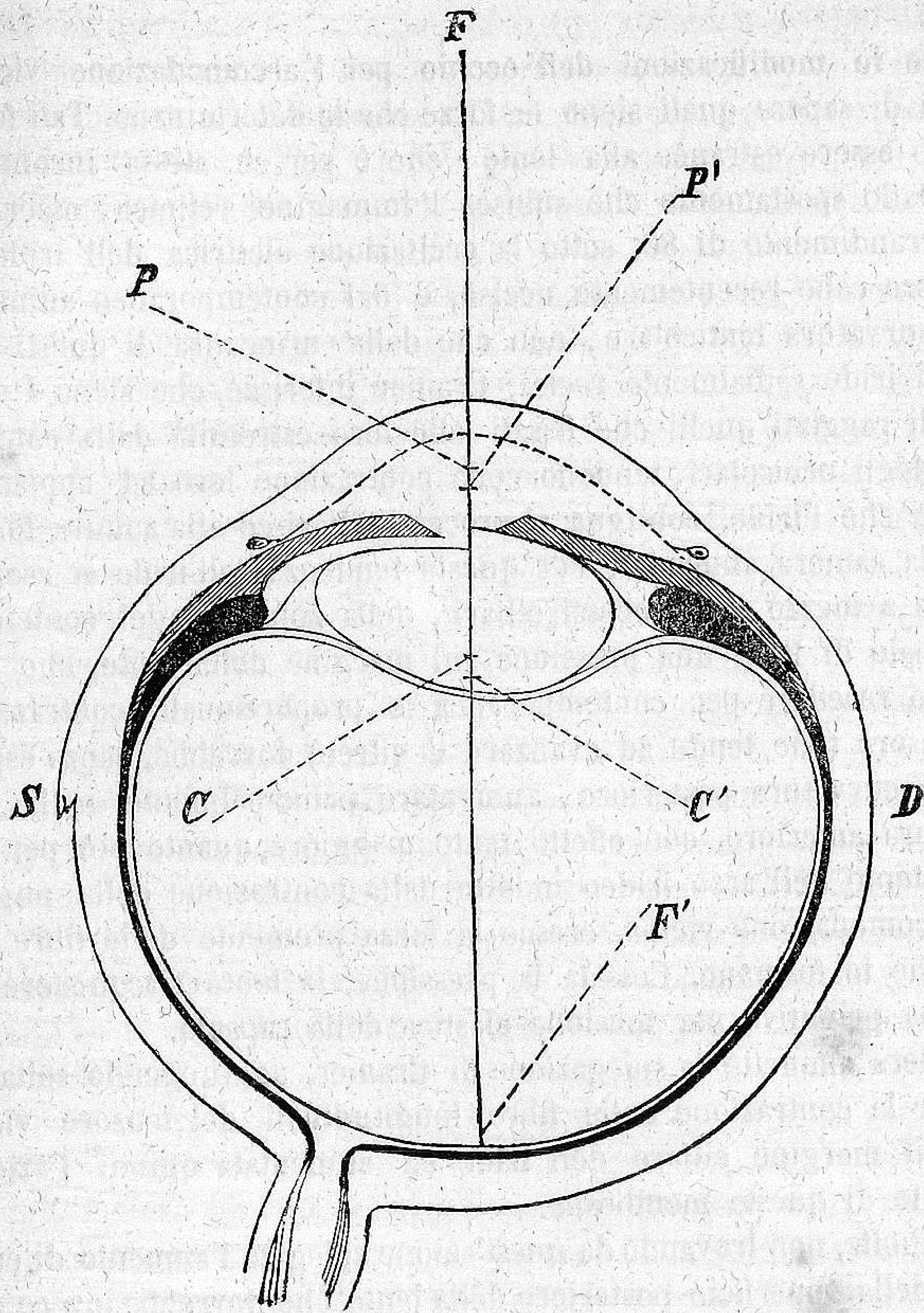


Fig. 6.

Rappresenta l'occhio schematico ad ingrandimento lineare di 3, accomodato a visione lontana a sinistra *S*, a visione vicina a destra *D*.

lontana, corrispondono a *P* pel punto principale anteriore, *P'* pel punto principale posteriore; *C* pel centro ottico anteriore, *C'* pel centro ottico posteriore; *F* pel foco anteriore, *F'* pel foco posteriore, con asse ottico *F F'*. Senz' altri commenti emergono abbastanza le

modificazioni derivanti dall'accomodazione alla ubicazione dell'iride e della curva anteriore della lente, non che alla torma di quest'ultima e della camera posteriore.

§ 72. *Forze attive d'accomodazione.*

Viste le modificazioni dell' occhio per l'accomodazione vicina, trattasi di sapere quali sieno le forze che le determinano. Tali forze devono essere estranee alla lente, che è per sè stessa incontrattile. Dallo spostamento che subisce l'immagine retinica, osservata ad ingrandimento di 80, sotto la eccitazione elettrica dell' iride in un pesce cane recentemente ucciso, e dal contemporaneo aumento della curvatura lenticolare, non che dalla mancanza di questi effetti ad iride radialmente recisa, Cramer inferisce, che sieno i suoi muscoli raggiati quelli che fissati alle loro estremità dalla contrazione degli orbicolari, tendono colla contrazione loro ad appianare la volta che l'iride, contigua ai processi ciliari ed alla zonula, forma verso la camera anteriore. Per questa tendenza dell'iride si eserciterebbe a mezzo dei processi ciliari, della zonula e del contenuto del canale di Petit una pressione sul margine della lente, che non potendo recedere per contemporanea e proporzionale contrazione del tensore (che tende ad avanzare il vitreo) dovrebbe, senza escludere la curvatura posteriore, aumentare principalmente nella sua curvatura anteriore, con effetto tanto maggiore, quanto più, per allungamento dell' arco irideo indotto dalla contrazione della pupilla nell'accomodazione vicina, cresce la forza premente delle fibre radiate che lo formano. Cessata la pressione, la lente riacquisterebbe la forma primitiva per tensione elastica della capsula.

Donders ammette la spiegazione di Cramer, aggiungendo soltanto che per la contrazione delle fibre longitudinali del tensore viene fissato il margine ciliare dell' iride ed aumentata quindi l'azione premente di questa membrana.

Helmholtz, non trovando da quest'azione spiegato l'aumento di curvatura della superficie posteriore della lente, che dovrebbe invece deprimersi per avanzamento del vitreo, ammette che la lente nell'accomodazione lontana sia compressa dalla tensione della zonula, che cedendo spiegherebbe l'ingrossamento cadaverico della lente stessa, e che cedendo pure per contrazione del tensore, il quale avvicina l'arretrato margine ciliare dell'iride all'avanzato margine posteriore della zonula, permette una diminuzione della superficie equatoriale della lente, un aumento delle sue curvature e del suo spessore anteroposteriore. L'iride poi agendo nel senso di Cramer, determinerebbe

il molto maggiore incurvamento della superficie anteriore della lente. H. Müller invoca pure l'azione delle da lui scoperte fibre circolari del tensore, le quali, premendo la lente all'equatore, determinerebbero l'incurvamento dei poli.

Il così detto *fosfeno d'accomodazione* od un circolo luminoso che appare alla periferia del campo visivo nel rapido passaggio dall'accomodazione vicina alla lontana, vorrebbesi devoluto (in accordo colla spiegazione di Helmholtz) ad un momentaneo stiramento che subirebbe la retina all'ora serrata per la rapidità colla quale la zonula riacquista la sua tensione al cessare della contrazione del tensore.

Queste ed altre maniere d'interpretazione del meccanismo d'accomodazione (fra cui, per esempio, quella di Fick, che la ripete da contrattilità dei processi ciliari, per la quale il sangue rifluendo alla coroidea avanzerebbe il vitreo colla lente) siccome quelle che partono da premesse più o meno ipotetiche, furono fatte segno di svariate obbiezioni. Si volle, per esempio, che esistesse l'accomodazione anche dopo l'operazione della cataratta, ma Donders la nega affatto, attribuendo quel po' di accomodazione che fu rilevato da Graefe coll'optometro all'astigmatismo dell'occhio, per il quale, in causa dell'assimetria della cornea, i raggi di ogni punto luminoso si concentrano sulla retina in una linea focale, per modo da costituire una serie lineare di punti, che possono riuscire con eguale distinzione visibili senza accomodazione, nella stessa guisa che vedemmo poter ciò avvenire per altre cause valevoli a determinare la estensione lineare del foco retinico. Ruete avrebbe pure constatata la persistenza dell'accomodazione ad iride mancante, il che contrarierebbe la teoria di Cramer, che vuolsi però da questo fatto non abbattuta.

Comunque facciasi del resto l'accomodazione vicina, è dessa certamente l'effetto di un'azione muscolo-nervosa. La si attribuisce all'oculo-motore (§ 16) benchè Graefe voglia aver veduto la persistenza dell'accomodazione nella paralisi di questo nervo. Hensen osservò l'incurvamento lenticolare anteriore sotto la eccitazione dei nervi ciliari. È un movimento complicato, che si associa a quello di convergenza degli assi ottici e stringimento della pupilla con tanta tenacia, da esigersi molto esercizio per imparare a convergere gli assi nella visione lontana, e a convergerli meno o a tenerli paralelli nella visione vicina. È in sua origine, prima che sia educato il senso visivo, un movimento riflesso per eccitazione luminosa; successivamente, coll'aiuto del senso muscolare, che si concomita all'attività dei muscoli accomodatori, e colla intuizione degli effetti

dell' accomodazione, impariamo a dominare colla volontà il relativo movimento, che nell' adulto si riduce ad essere riflesso in pochissimi casi, fra cui quello in cui apriamo repentinamente gli occhi ad un campo visivo, in cui vi siano oggetti a diversa lontananza. Involontariamente ci accomodiamo in allora a quell' oggetto, il quale, per la sua luminosità e lontananza, permette la più distinta percezione, e solo quando abbia avuto luogo questa involontaria accomodazione, possiamo volontariamente accomodare l'occhio ad ogni altro oggetto del campo visivo.

§ 73. *Tempo necessario per l'accomodazione.*

L' accomodazione vicina, siccome quella che è l' effetto di una azione nerveo-muscolare, ha bisogno di tempo per compiersi, come abbisogna del tempo, perchè cessata l' azione muscolare, l'occhio si accomodi passivamente a distanza. Del tempo che si esige per l'accomodazione vicina possiamo farci un' idea, osservando a distanza un oggetto ben contornato (bianco in campo oscuro) e passando quindi rapidamente l' occhio sovra un esile e bianco filo vicino. Tutt' a prima quest' ultimo ci sembra più largo ed indistinto (circoli da convergenza) e non è che dopo qualche istante che diventa ben contornato e distinto. L' accomodazione passiva è più rapida dell' attiva, perchè indotta dalla cessazione dell' azione muscolare e secondo Cramer, contro Helmholtz, dalla cessante tensione della lente.

Il tempo che si esige per l'accomodazione è relativamente maggiore per due oggetti posti più vicini all' occhio, che non per due oggetti posti più lontani da esso. Così, per esempio, Aeby ha trovato, che nello stesso tempo di mezzo minuto secondo, può fissarsi

a millimetri	160	più vicino	un oggetto	alla distanza di	430	millimetri	e solo invece
»	80	»	»	»	270	»	
»	40	»	»	»	190	»	
»	20	»	»	»	150	»	
»	10	»	»	»	130	»	
»	5	»	»	»	120	»	

Lo stesso Aeby ha trovato che a distanza fissa del punto lontano cresce il tempo d'accomodazione col crescere della distanza da esso del punto vicino, attalchè, se ad una distanza fissa di millimetri 430 si esigono 0,5 secondi per accomodarsi ad una distanza da essa di mill. 160, si esigono invece secondi:

0,763	per	mill.	240
0,864	»	»	280
1,000	»	»	300
1,9	»	»	315

Vierordt dà pure a questo proposito delle misure fatte col cronoscopo di Wheatstone-Hipp, con punto lontano fisso a 18 metri e punto vicino variante fra 10 e 64 centimetri dall'occhio. Ecco i suoi risultati:

Distanza in centimetri del punto vicino dall'occhio	Tempo, in minuti secondi, necessario per l'accomodazione Lontano-vicina	Vicino-lontana
10	1,18	0,84
11	0,94	0,66
12	0,83	0,57
14	0,77	0,52
16	0,64	0,46
22	0,60	0,44
28	0,49	0,39
34	0,43	0,37
40	0,30	0,29
52	0,24	0,22
64	0,20	0,15

§ 74. *Aberrazioni dell'occhio.*

L'occhio, nella sua qualità di apparato diottrico, va soggetto come le lenti (§ 61) all'aberrazione *sferica* e *cromatica*, e presenta pure una terza maniera di aberrazione, che possiamo dire *stigmatica.*

Aberrazione sferica. — L'aberrazione sferica dell'occhio è inconsiderevole, perchè nessuna delle sue superficie rifrangenti ha esattamente una curvatura sferica, alla quale, piucchè ogni altra, avvicinansi le superficie della lente cristallina. Dato anche però, che per la natura di queste superficie, l'aberrazione sferica dell'occhio, in molta parte emendabile dall'iride, non sia per sè stessa affatto inconsiderevole, lo diventa al cospetto dell'assai più considerevole aberrazione stigmatica.

Aberrazione stigmatica. — L'aberrazione stigmatica, quando raggiunge un certo grado, dà luogo all'*astigmatismo* od alla perduta facoltà dell'occhio di concentrare, a malgrado dell'accomodazione, i raggi di un punto luminoso in un punto (*stigma*) focale. È un'aberrazione dovuta all'assimetria delle superficie rifrangenti e specialmente della lente e meglio ancora della cornea, i cui meridiani verticali sono in genere (Donders) più incurvati e quindi più rifrangenti dei meridiani orizzontali. Ne deve venire, che i raggi corrispondenti ai piani dei meridiani verticali dovranno convergere prima di quelli corrispondenti ai piani orizzontali, per cui, supposta la contemporanea incidenza di raggi nei due piani verticale ed

orizzontale, incrociantisi normalmente nel vertice corneale, se noi portiamo la retina nel punto focale dei raggi verticali, sarà orizzontalmente colpita non da un punto ma da una linea orizzontale di raggi convergenti, e viceversa se lo portiamo nel punto focale dei raggi orizzontali, sarà verticalmente colpita da una linea verticale di raggi divergenti dopo il foco. Fra questi due estremi è compreso un *tratto focale* (Sturm) in ogni punto del quale possono avvenire differenze meno sentite nelle distanze focali dei meno variamente rifrangenti meridiani intermedii. Ne verrà, che supposta la incidenza di un cono luminoso, si farà sulla retina un circolo focale, quando essa corrisponde alla metà del tratto focale; si formerà invece un'elisse focale a massimo diametro orizzontale da convergenza o verticale da divergenza, quando la retina corrisponde rispettivamente al foco del meridiano verticale o a quello del meridiano orizzontale, e le due specie di elissi dovranno impicciolire, mano mano che si avvicinano alla metà del tratto focale.

Si ha la prova sperimentale dell'aberrazione stigmatica nella fissazione di due esili fili, tesi in fondo oscuro ed incrociantisi ad angolo retto e alla medesima distanza dell'occhio. Se si fissa il filo verticale, appare indistinto ed ingrossato il filo orizzontale; viceversa se si fissa quest' ultimo; mentre se si vuole ottenere la distinta e contemporanea visione di amendue, bisogna disporre i due fili per modo che sieno diversamente lontani dall'occhio e più precisamente, per la maggioranza, che il filo verticale disti più dell'orizzontale. Fick, per esempio, vede distintamente i due fili a distanza verticale di metri 4,6, orizzontale di 3; Helmholtz a quella di metri 0,65 e 0,54; mentre per altri individui la distanza verticale deve essere minore della orizzontale.

Aberrazione cromatica. — L'aberrazione cromatica dell' occhio, per la poca attività dispersiva de' suoi mezzi diottrici, è molto minore che nelle lenti, ma pur facilmente rilevabile con semplicissime sperienze. Sta l'una di esse nel fatto, che per vedere distintamente degli oggetti minuti bisogna modificare l'accomodazione a norma del grado di rifrangibilità del colore con cui l'oggetto stesso ci appare. Dobbiamo, cioè, accomodarci alla massima vicinanza se il colore è al massimo rifrangibile come il violetto, alla minima se lo è al minimo, come il rosso. E se permane immutata una tale accomodazione lontana da vedersi distintamente un oggetto rosso-arancio, bisogna avvicinarlo, se azzurro-violetto, da 18 a 24 pollici per averne la visione distinta (Fraunhofer). Osservando il tagliente di una lucida lama di coltello, molto avvicinato all'occhio, per modo che il tagliente sia perpendicolare al piano mediano verticale od

orizzontale della pupilla, si vedono i colori spettrali. Osservando la luce solare per piccolo pertugio praticato in spazio oscuro e coperto da vetro violetto, come il vetro stesso dà solo passaggio a raggi rossi e violetti, così vedesi un punto rosso in campo violetto se l'occhio si accomoda ai raggi rossi, un punto violetto invece in campo rosso se l'occhio si accomoda a raggi violetti, un colore misto se l'accomodazione è intermedia fra i due colori.

Malgrado questi indizii di cromasia, essa non solo non disturba la visione ordinaria, ma non è nemmeno ravvisabile a giusta accomodazione, fallendo la quale si esige ancora una intensità di sensazione e di attenzione per rilevare la presenza dei colori spettrali.

§ 75. *Azione dell' iride.*

Conosciute azioni dell'iride sono:

1.° Di correggere, come i diafragmi degli stromenti ottici, l'aberrazione sferica, per quanto essa possa essere determinata dalla forma delle superficie diottriche dell'occhio.

2.° Di concorrere all'accomodazione nel modo accennato al § 72.

3.° Di regolare la intensità della eccitazione, ostacolando colla sua costrizione il passaggio di raggi alla retina quando la luce è troppo viva, favorendolo in caso opposto colla sua dilatazione. Come poi la sensibilità della retina è massima in corrispondenza dell' asse ottico e gradatamente minore verso l'ora serrata, così, ad egual grado di luce, l' apertura della pupilla è minore quando l' immagine si projetta nella parte più sensibile, che non quando invece si projetta nelle parti gradatamente meno sensibili.

Nella osservazione ordinaria di un oggetto convergiamo su esso gli assi ottici, tanto più, quanto più l'oggetto è vicino, e l' immagine cade nei punti assili della retina. La rotazione dei bulbi richiesta per questa convergenza è determinata dalla prevalente azione dei retti interni e come colla vicinanza dell'oggetto l'occhio è colpito da maggior numero di raggi divergenti che non colla lontananza del medesimo, così l'iride regola colla sua contrazione la intensità della luce, concorrendo nello stesso tempo all'accomodazione ed aumentando il suo potere correttivo dell'aberrazione sferica, che deve aumentare col modificarsi delle curve lenticolari. Ora, benchè consociate le contrazioni dell' iride e dei retti interni nell' accomodazione vicina, può la prima di queste contrazioni raggiungere, specialmente coll' esercizio, una certa indipendenza dal movimento di accomodazione nel senso di non convergere gli assi sull'oggetto, di farne cadere le immagini sovra punti retinici meno sensibili, di

esigersi quindi un'ampiezza maggiore della pupilla, a malgrado che l'occhio siasi accomodato alla visione vicina.

Sulla contrazione dell'iride ha pure influenza la sua circolazione. La compressione della carotide determina un immediato stringimento, susseguito da dilatazione della pupilla. Anche la pressione sulle giugulari determina qualche volta lo stringimento della pupilla, che si dilata invece cessando di premere. La pupilla si restringe nel sonno, si dilata invece nel letargo jemale.

I movimenti della pupilla sono più rapidi negli uccelli, perchè i corrispondenti muscoli spettano alla sfera animale. Nei mammiferi sono più lenti che negli uccelli, ma più celeri di quelli spettanti ad altri muscoli organici. Lo stringimento della pupilla è più rapido che non la sua dilatazione.

Lo stringimento della pupilla consociato alla contrazione dei retti interni nell' accomodazione vicina è un movimento complesso, che potrebbe essere anche considerato come volontario, quanto è appunto volontaria l' accomodazione. Lo stringimento invece conseguente alla eccitazione luminosa della retina, o meccanica del nervo ottico, è un movimento riflesso, che ha probabilmente per centro le eminenze quadri-gemelle (§ 11 III). La eccitazione delle anteriori di esse provoca, secondo Knoll, la dilatazione delle pupille, prevalente dal lato eccitato, quando però non sieno recisi i simpatici cervicali, la cui paralisi ed eccitazione determina, com' è noto, rispettivamente stringimento o dilatazione della pupilla. Pare quindi che le fibre dilatatrici del simpatico abbiano il loro centro nelle eminenze quadri-gemelle anteriori e passino ai ganglii del simpatico pel midollo spinale, in cui non vi sarebbe solo un centro cilio-spinale alla porzione cervicale inferiore (Budge e Waller) ma tutta la porzione cervicale reagirebbe, costringendo la pupilla per paralisi di colonne anteriori, dilatandola per loro eccitazione (Salkowski).

Molti narcotici, fra cui l' atropina, sono *midriatici;* dilatano cioè la pupilla, tanto se presi internamente, quanto se applicati localmente alla congiuntiva. La nicotina invece e meglio ancora la fava di Calabar hanno una opposta azione *miopica.* Prescindendo da eventuali influenze accessorie (specialmente sui muscoli vasali) l'azione dei midriatici potrebbe dipendere o da paralisi dell'oculo-motore, o da eccitazione del simpatico, o dalla somma delle due azioni. Inversamente dicasi dei miotici. Come però nel primo caso sono paralizzati i muscoli d' accomodazione, eccitati invece nel secondo, così è inferibile che midriatici e miotici agiscano di preferenza sull' oculo-motore, tuttochè per l' atropina non possa escludersi la

possibilità di una contemporanea eccitazione del simpatico, se si consideri, che essa induce una dilatazione maggiore di quello induca la sola paralisi dell'oculo-motore, nella quale si può coll'atropina ottenere un maggior grado di dilatazione della pupilla. Per l'azione rispettivamente paralizzante ed eccitante sul tensore della coroidea, l'atropina fa presbite, miope invece la fava di Calabar.

§ 76. *Irradiazione.*

Effetto di varie cause, fra le quali anche di aberrazione diottrica o di falsa accomodazione dell'occhio, può essere la *irradiazione*, per la quale, in certe condizioni, vediamo un oggetto più grande di quello sogliamo generalmente vederlo alla stessa distanza dall'occhio. Ciò avviene principalmente per oggetti di diversa chiarezza, che cioè, ad eguaglianza di dimensione e di distanza dall'occhio, ci appaja più grande l'oggetto più chiaro, e possa anche apparirci invece più grande l'oggetto più oscuro.

Un ovvio esempio di aberrazione dovuto alla irradiazione lo abbiamo contemplando la luna (principalmente nelle sue fasi crescenti) e vedendo che la sua parte illuminata sembra appartenere ad una sfera maggiore di quella a cui spetta l'altra parte, la quale, tuttochè non illuminata, si designa però e si limita tanto bene nel firmamento, da vedersene il disco sormontato dalle corna del segmento illuminato. Fissando il fanale più vicino di una contrada, gli altri più lontani, ci sembrano più grandi e più indistinti. Fissando a qualche distanza due quadrati eguali, l'uno bianco in fondo nero, l'altro nero in fondo bianco, il primo ci sembra più grande, come ci sembrano appunto per la stessa ragione più grandi i quadrati chiari di una scacchiera. Se su carta bianca segniamo due parallelle zone verticali nere della larghezza di 5 mill., separate da una zona intermedia bianca della larghezza di 8 mill., ed osserviamo a tale distanza da non più apparire distinti i contorni, le zone nere sembrano più grandi dell'interposta zona bianca, mentre estendendo il campo nero della metà inferiore di queste zone in modo da formarvi due neri quadrati, si vede che la quivi interposta zona bianca sembra più larga della sua continuazione nella parte superiore non limitata da quadrati ma da zone nere. In tutti questi casi gli effetti dell'irradiazione si concomitano a quelli della deficente accomodazione, per la quale riesce anche indistinta la percezione contemporanea delle diverse parti dell'oggetto osservato. Impicciolendo l'oggetto si possono ottenere gli effetti dell'irradiazione depurati da quelli della deficente accomodazione, come avviene appunto nella

più semplice di due belle sperienze suggerite a quest' uopo da Volkmann. Segnando su carta bianca due esili linee nere, incontrantisi ad angolo di 1 a 2°, osservando a giusta accomodazione la interposta zona bianca, segnando il punto in cui questa zona ci sembra avere una larghezza eguale a quella di ciascuna linea nera collaterale, osservando poi questo punto con una lente e misurando, si vede che la zona bianca invece di essere eguale (come sembrava) ha una larghezza molto maggiore delle linee nere.

La causa di questi fenomeni non è, come credeva Plateau, una inesplicabile trasmissione della eccitazione isolata nei singoli elementi retinici agli elementi vicini, ma è una vera e reale eccitazione di questi ultimi per dispersione di luce e conseguente vero e reale ingrandimento della immagine retinica, che ha luogo specialmente ad impropria accomodazione. Se immaginiamo una zona di data lunghezza, metà della quale sia di un colore più chiaro (verso il bianco) l'altra metà di un colore più oscuro (verso il nero) avremo a giusta accomodazione projettati sulla retina i tre punti focali corrispondenti alle due estremità di questa zona e al limite delle sue tinte. Se i fochi si facessero invece oltre la retina (deficente accomodazione) in allora, per la formazione de' circoli da convergenza, il limite cromatico della zona verrebbe invaso da raggi spettanti ai due fochi laterali, colla finale conseguenza, che la metà più oscura di essa riceverebbe raggi della metà più chiara e viceversa. Come però l'addizione di raggi non produce effetti eccitanti tanto sensibili, quanto la loro incidenza in campo oscuro, così ne deriverà, che per un certo tratto verso la zona chiara, la zona oscura sarà pure illuminata, epperò la zona chiara dovrà sembrare più lunga della oscura. Lo spazio invaso da raggi spettanti ai diversi sistemi focali dicesi *spazio d'irradiazione*, che dovrà pure avverarsi per circoli da divergenza, quando i fochi si concentrano al davanti della retina (eccedente accomodazione).

Questi effetti sono adunque derivabili dalla prevalenza della eccitazione, per cui non le sole superficie bianche o nere, ma anche le colorate potranno irradiare, quando il colore della superficie irradiante, a pari intensità di luce objettiva, ecciti la retina più intensamente dell'altro, come avviene, ad esempio, del giallo rispetto all'azzurro.

E questa medesima prevalenza della eccitazione spiega come avvenga che il nero possa irradiare nel bianco, ed apparire quindi più esteso il primo, meno esteso il secondo, di quello che realmente sieno. Poichè diminuendo colla chiarezza, la eccitazione bianca, prevale l'azione temperante del nero che incomincia a di-

struggere gli effetti della irradiazione bianca, finchè crescendo la sua azione ed arrivando i suoi raggi anche nel campo bianco, ha forza sufficiente per temperarli al punto da produrre una irradiazione negativa od una invasione nera in campo bianco. Volkmann ha dimostrato questi effetti coi dischi bianchi in campo nero ed inversamente, osservati attraverso vetri valevoli a diminuire progressivamente la chiarezza, ed è naturale che ottenesse un grado tale di essa, al quale, prescindendo anche dalla difettosa accomodazione, non aveva luogo alcuna irradiazione positiva o negativa.

E resta pure spiegato il motivo per cui, collo stancarsi dell' occhio, diminuisce l'irradiazione positiva, in causa della decrescente eccitabilità della retina, per la quale finiscono appunto col riuscire indifferenti quei raggi bianchi dello spazio d'irradiazione, che sono maggiormente temperati dal nero.

L'esperienza però dimostra, che per oggetti assai minuti può avvenire, a persistente chiarezza, irradiazione negativa, tuttochè minore della positiva. Osservando verso il limpido cielo un esile filo nero, esso ci sembra più grosso, perchè irradia sul fondo celeste, in minor grado però di quello irradii un egual filo bianco in campo nero. Si spiega il fenomeno ammettendo che in questo caso la irradiazione negativa dipenda da ciò, che noi, nella immagine retinica, riferiamo più o meno completamente al nero lo spazio d'irradiazione. Ove ciò sia, deve esservi qualcosa che determini la prevalente influenza del nero e il conseguente riferimento al nero dello spazio d'irradiazione, a malgrado che in questo spazio la chiarezza non diminuisca che progressivamente dal bianco al nero. Questo qualcosa sarebbe la picciolezza dell'oggetto nero, la quale richiama su esso l'attenzione, restando inosservato il bianco quale campo indifferente. Quando invece l'oggetto è bianco, allora si sommano gli effetti di eccitazione luminosa e psichica e la irradiazione è maggiore. Volkmann che ha data pel primo questa spiegazione, l'ha pure sostenuta con varie sperienze, delle quali citiamo le più convincenti.

Numerose linee paralelle nere in campo bianco, larghe ed equidistanti un millimetro, osservate per fessura praticata in sipario bianco, appajono in genere larghe come le zone interposte, mentre invece restringendo la fessura in modo che comprenda solo due linee nere, queste appajono per irradiazione quasi il doppio dell'interposta linea bianca, e doppie invece due linee bianche osservate per ristretta fessura in sipario nero. A grande fessura, che comprenda molte linee, non nasce antagonismo di oggetto e fondo, epperò la irradiazione agisce meno. A fessura ristretta invece, o sono le due linee

nere che fungono da oggetto in campo bianco e ha luogo l'irradiazione negativa; o sono invece le due linee bianche in campo nero e ha luogo in allora una anche maggiore irradiazione positiva, perchè si sommano gli effetti psichici ed ottici.

Un quadrato nero in campo bianco sembra più piccolo per irradiazione positiva. Passando durante l'osservazione lateralmente un foglio bianco sul quadrato nero, questo deve assottigliarsi coll'avanzare del foglio e dovrebbe scomparire ancor prima che fosse intieramente coperto dal foglio medesimo. Invece succede che l'ultima non coperta striscia del quadrato nero appare più larga, perchè funge da oggetto ed irradia in campo bianco.

Questi effetti d'irradiazione da un dato oggetto, sono, a parità di condizioni luminose, relativamente maggiori ad immagine retinica minore.

Da quanto si è detto sulla irradiazione facilmente si comprende come, in causa dell' astigmatismo, si possano avere effetti di irradiazione anche a perfetta accomodazione.

Come pure, indipendentemente dalla esistenza di una vera irradiazione, si possono avere i suoi effetti, probabilmente in causa della estensione degli elementi retinici. Supposte infatti tre serie verticali contigue di questi elementi e supposta la contemplazione di fili verticali più esili di essi, ciascun elemento riceverà la immagine della corrispondente porzione di filo soltanto in una zona del suo campo circolare, che possiamo supporre corrispondente al suo diametro. Come però, assai probabilmente la eccitazione di un elemento è generale alla sua sostanza e non parziale a questa zona, così i fili sembreranno avere una grossezza maggiore di quella che realmente abbiano, e sembreranno anche più vicini di quel che siano, poichè realmente intercede fra le loro immagini la metà delle serie verticali laterali degli elementi retinici e la serie mediana, mentre invece virtualmente non intercede che quest'ultima.

§ 77. *Diplopia.*

Anche la così detta *diplopia* o *polyopia monophtalmica* può essere effetto di aberrazione diottrica dell'occhio. Sta essenzialmente il fenomeno in ciò: che osservando per sipario pertugiato la fiamma di una candela, o una stella, o la immagine riflessa del sole, con occhio accomodato a distanza diversa da quella in cui esiste l' oggetto luminoso, non si ottiene la visione di un circolo, ma di una figura raggiata, che varia pei due occhi della stessa persona, per quelli delle diverse persone e col genere di accomodazione più vi-

cina o più lontana della distanza a cui trovasi l'oggetto. Se quest'ultimo è più vicino del punto di accomodazione, in allora la figura è in genere più lunga verticalmente che orizzontalmente ed una sua parte superiore, inferiore o laterale, scompare sempre nella stessa direzione in cui viene coperta da un sipario, il che vuol dire che scompare la opposta parte dell'immagine retinica. Se invece l'accomodazione è più vicina dell'oggetto, in allora la figura è in genere oblunga orizzontalmente, ed una sua parte scompare in direzione opposta a quella in cui viene ricoperta da un sipario, il che significa che scompare la corrispondente parte dell'immagine retinica. Un filo teso attraverso il forellino sembra diritto soltanto quando passa pel centro della figura raggiata, mentre invece sembra incurvato all'esterno se passa a' suoi lati. Se invece di un punto luminoso è una linea, come per esempio la fiamma di una candela, in allora, oltre all'immagine raggiata, si ha la visione di tante linee o fiamme paralelle e tanto più numerose, quanto meno è consentaneo alla ubicazione della fiamma il grado di accomodazione.

Questi effetti si debbono a cause accidentali o a cause inerenti alla struttura dell'occhio.

Alle prime si riferiscono gl'inquinamenti della cornea, per lagrime od umore meibomiano, che alterando la rifrangibilità della parte inquinata, modificano la posizione e la concentrazione focale della corrispondente porzione d'immagine retinica. Fick ha dimostrato questo effetto anche alla camera oscura, della cui lente fosse con identici mezzi modificata da regolare rifrangibilità. È naturale che questo fenomeno di diplopia (del quale abbiamo un ovvio esempio nella raggiata e multipla visione della fiamma nel pianto) sarà altrettanto vario, quanto svariate nella essenza e nel grado sono le cause accidentali da cui deriva.

La costante forma (raggiata) della diplopia inerente a struttura dell'occhio, Helmholtz inclina attribuirla alla conformazione parimenti raggiata della lente, dimostrando, che il numero e la disposizione dei raggi nella figura diplopica, corrispondono col numero e colla disposizione dei raggi lenticolari, che si possono rendere entopticamente percettibili. Secondo Donders, ogni settore della lente richiama una immagine sua propria, la quale, ad accomodazione falsa è prolungata nella direzione dei raggi, e tutte queste immagini si trovano ad occhio normale presso a poco sul medesimo asse; però essendo diversa la distanza focale, esse non si ricoprono completamente. Il prolungamento poi dell'immagine raggiata in direzione verticale od orizzontale, a norma dell'accomodazione, sarebbe effetto di astigmatismo.

§ 78. *Stromenti ottici.*

Per correggere la rifrangibilità dell'occhio, la sua accomodazione ed il suo astigmatismo si adoperano le lenti.

L'occhio miope ha bisogno di lenti divergenti (concave) che danno immagini retiniche più piccole.

L'occhio ipermetropico e il presbite hanno bisogno di lenti convergenti (convesse) che danno immagini retiniche più grandi.

Le lenti sono tanto più forti, quant'è minore la distanza del foco, che è virtuale per le lenti concave. La forza di una lente è quindi inversamente proporzionale alla sua distanza focale df e si esprime con numeri progressivi per modo che $+\frac{1}{6}\ \frac{1}{7}\ \frac{1}{8}$ e $-\frac{1}{6}\ \frac{1}{7}\ \frac{1}{8}$ indicano rispettivamente lenti convergenti o divergenti di 6, 7, 8 pollici di distanza focale positiva o negativa.

Per correggere la rifrangibilità dell'occhio, si cerca di rendere distinta la visione di oggetti lontani, senza compartecipazione dell'apparato di accomodazione, scegliendo per l'occhio miope quella più debole lente concava, per l'occhio ipermetropico quella più forte lente convessa, alla quale possono vedersi distintamente degli oggetti lontani, quali, ad esempio, delle grandi lettere, che l'occhio normale possa ancora distinguere alla distanza di 9 a 10 metri.

Si dà la preferenza alla lente più debole pel miope ed alla più forte per l'occhio ipermetropico, onde possibilmente evitare dannosi sforzi di accomodazione.

Il numero della lente + o — che occorre per questa visione indica il grado e la specie dell'anomalia di rifrazione.

I gradi $\frac{1}{6}\ \frac{1}{8}$ di miopia significheranno quindi che sono necessarie le lenti concave N° — 6 e 8 per vedere in distanza. Per deviare infatti dei raggi provenienti da un punto vicino v come se venissero da un punto lontano l è necessaria una lente $\frac{1}{v} - \frac{1}{l} = \frac{1}{df}$. Per cui al grado $\frac{1}{6}$ di miopia si viene ad avere $\frac{1}{6} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{6}$.

A fortissimi gradi di miopia (al di sotto $\frac{1}{5}$) si scelgono lenti più deboli, che riportano l'occhio in riposo a pochi piedi di distanza, sempre nello scopo di evitare dannosi sforzi di accomodazione.

Nel determinare la forza di una lente si deve calcolare la sua media distanza dal cristallino, che è di circa $\frac{3}{4}$ di pollice; per cui, se un occhio ha bisogno della lente — $\frac{1}{6}$ per la visione lontana,

il suo grado di miopia è uguale $\frac{1}{6+\frac{3}{4}}$ e se ha bisogno al medesimo scopo della lente $+\frac{1}{8}$ in allora il grado d'ipermetropia è eguale $\frac{1}{8-\frac{3}{4}}$.

Il grado di presbiopia non si misura matematicamente come quello della miopia e dell'ipermetropia. Lo si esprime indicando il numero della lente convessa, che riconduce a circa 8 pollici i raggi emananti dal più prossimo punto di visione del presbite. Se questo punto è a 12″ e se si vuol trovare la lente che permetta la lettura a 8″, si calcola che una lente $+\frac{1}{8}$ farebbe vedere come se venissero da 8″ dei raggi paralelli. Siccome però questi raggi vengono da 12″ e non dall'infinito, bisogna sottrarre alla lente $+\frac{1}{8}$ una forza diottrica capace di far convergere a 12 pollici dei raggi paralelli, vale a dire $+\frac{1}{12}$. La lente da adoperarsi sarà quindi $+\frac{1}{8}-+\frac{1}{12}=+\frac{1}{24}$, dalla qual cifra sarà espresso appunto il grado di presbiopia.

Col mezzo della lente può essere anche determinata la *estensione* e la *forza* di accomodazione, che non devono fra loro confondersi, perchè un occhio può avere una estensione minore ed una forza maggiore di accomodazione.

Paragoniamo, con Donders, il cristallino in riposo e quello accomodato per una data distanza, a due lenti biconvesse di forza diversa. Sia il cristallino in riposo (visione lontana) eguale ad una lente biconvessa N.° 8 della forza diottrica $\frac{1}{8}$; quello accomodato a visione vicina, sia eguale ad una lente N.° 4 della forza diottrica $\frac{1}{4}$. La differenza fra le due lenti misurerà la forza di accomodazione, che sarà eguale a $\frac{1}{4}-\frac{1}{8}=\frac{1}{8}$. Il cristallino in riposo s'è aggiunto in certo qual modo, per accomodarsi, una lente $\frac{1}{8}$. Un occhio normale vede bene a distanza indefinita e se può accomodarsi in modo da veder bene anche a 4 pollici, la sua forza di accomodazione sarà eguale a $\frac{1}{4}-\frac{1}{\infty}=\frac{1}{4}$. Praticamente si ottiene un risultato abbastanza esatto, determinando lo stato dell'occhio per la visione di oggetti molto lontani col mezzo di tipi di data grandezza a norma di date distanze.

Per dimostrare come la estensione dell'accomodazione debba andare distinta dalla sua forza valga il seguente esempio:

L'occhio normale, che vede da una distanza indefinita a 4″, ha dunque una forza diottrica di accomodazioue $=\frac{1}{4}$ ed una estensione compresa fra una distanza indefinita e 4″ dall'occhio. Ora il punto lontano del miope non è a distanza indefinita, ma molto più

vicino, per esempio a 8″, mentre poi può accomodarsi perfino a 2″, per modo che in questo caso la estensione dell' accomodazione è soltanto $8 - 2 = 6$, mentre la forza è $\frac{1}{2} - \frac{1}{8} = \frac{3}{8}$, quindi più grande che nell'occhio normale.

È però ad osservarsi che la forza e la estensione dell'accomodazione non sono eguali nelle due visioni mono e binoculare. Per le due visioni normali è uguale il punto lontano, ineguale il vicino, che nella visione monoculare può essere meglio avvicinato con conseguente aumento di estensione dell'accomodazione. La differenza dipende dalla sinergia relativa dei movimenti di accomodazione e di convergenza degli assi ottici nella visione binoculare. Questa convergenza che ha un limite e che non agisce nella visione monoculare, influisce nel limitare il movimento di accomodazione.

Per gli occhi normali e miopi i due punti vicino e lontano sono determinabili realmente e direttamente, epperò se ne può desumere la relativa forza di accomodazione. Ma per l'occhio ipermetropico il punto lontano non è determinabile direttamente, e nei gradi più elevati d'ipermetropia, nemmeno il punto vicino che resta pur negativo. Tanto per la ipermetropia, quanto per la miopia però, queste determinazioni possono essere fatte istessamente, quando si armino gli occhi di tali lenti, per le quali la visione lontana o il punto di quiete sia riportato alla stessa distanza, a cui si trova per l'occhio normale.

Determinando quindi coll' ajuto della lente il punto vicino relativo, se ne trae la relativa forza di accomodazione. Così un miope ed un ipermetropico che abbiano punti vicini assoluti rispettivamente a 4 e 12 pollici, e che rispettivamente richieggano le lenti $-\frac{1}{12} + \frac{1}{24}$ per vedere lontano, quando i loro punti vicini relativi all'uso di queste lenti sieno a 6 e 8 pollici, avranno una forza di accomodazione relativa di $\frac{1}{6}$ $\frac{1}{8}$.

I numeri delle lenti necessarie per ottenere questa determinazione non esprimono soltanto la distanza focale delle lenti che riportano all'infinito il punto di quiete positivo o negativo (d' ipermetropia) ma danno anche la distanza dall' occhio del punto di quiete positivo o negativo.

Nei dati esempii si ha per punto vicino assoluto nel miope $\frac{1}{6} + \frac{1}{12} = \frac{1}{4}$ e per l' ipermetropico $\frac{1}{8} - \frac{1}{24} = + \frac{1}{12}$, vale a dire 12 pollici al davanti dell' occhio. Se invece per la visione lontana occorresse una lente di $\frac{1}{20}$, allora il punto lontano sarebbe a 20 pollici dietro l'occhio; mentre se a questo scopo si esi-

gesse una lente $\frac{1}{10}$ e il punto vicino relativo fosse con questa lente a 20 pollici, allora si avrebbe $\frac{1}{20} - \frac{1}{10} = - \frac{1}{20}$, vale a dire punto vicino a 20 pollici dietro l'occhio. Se la differenza fra le due frazioni fosse eguale a O o a ∞ allora il punto vicino sarebbe a distanza indefinita.

Per correggere l' astigmatismo s' adoprano lenti concave o convesse, a curvatura cilindrica, le cui superficie sieno in una direzione più fortemente incurvata, che non nella direzione normale a questa.

Le lenti cilindriche sono di trè specie: 1.° Le cilindriche semplici. 2.° Le bicilindriche. 3.° Le sferico-cilindriche. Ciascuna specie può essere convergente o divergente, e tutte si differenziano dalle lenti ordinarie mediante l'aggiunta della lettera *c*.

Le lenti cilindriche semplici hanno cilindrica una sola superficie od amendue, ma nella stessa direzione, nel senso della quale soltanto modificano la distanza focale. Valgono quindi per quelle forme di astigmatismo, nelle quali vi ha miopia o ipermetropia nel senso dell' uno o dell'altro meridiano, mentre in quello verticale al precedente vi ha rifrazione normale. Nel primo caso si adoprano lenti $-\frac{1}{50}$ a $-\frac{1}{5}$ c; nel secondo caso $\frac{1}{50}$ a $\frac{1}{5}$ c. Possono essere biconcave, biconvesse, piano-concave e convesso-concave.

Le lenti sferico-cilindriche hanno sferica una superficie, cilindrica l'altra; concave le negative, convesse le positive per quelle forme di astigmatismo nelle quali i due meridiani sono inegualmente miopi o inegualmente ipermetropici. Queste lenti correggono in pari tempo la miopia o l'ipermetropia.

Le lenti bicilindriche hanno le due superficie cilindriche in direzione normale l'una all'altra pei casi di astigmatismo misto, in cui un meridiano è miope, l'altro ipermetropico.

Lenti d'ingrandimento. Le lenti convergenti non si adoprano soltanto in sussidio della deficente rifrangibilità ed accomodazione dell' occhio, ma si adoperano eziandio come mezzo d' ingrandimento.

Nel primo caso l'oggetto che si osserva sta fuori della distanza focale della lente, la quale non fa che aiutare l'occhio nel convergere i raggi sulla retina, per modo che l'occhio medesimo riferendo la visione nella direzione dei raggi che lo colpiscono, rileva l'oggetto nella sua ubicazione e nelle dimensioni relative alla medesima.

Nel secondo caso invece l'oggetto è posto sulla distanza focale della lente. Per quanto dicemmo al § 60, i raggi emananti da essa dovranno essere divergenti, e la loro divergenza essendo maggiore

di quella che avrebbero se fossero nel punto vicino della visione distinta e disarmata, ne verrà che arriveranno ancor divergenti all'occhio, il quale riferendoli sui prolungamenti dei loro assi, avrà la percezione di una immagine virtuale ingrandita e diritta.

L'ingrandimento prodotto dalle lenti deve necessariamente aumentare col diminuire della loro distanza focale, conosciuta la quale, si può calcolare l'ingrandimento, che è eguale alla distanza dell'immagine dal centro ottico della lente divisa per la distanza a cui si tiene l'oggetto dal medesimo centro. Questa distanza varia nel miope e nel presbite. Il miope che ha bisogno di avvicinare all'occhio l'immagine virtuale deve abbreviarla, mentre invece deve allungarla il presbite. Tuttochè la reale grandezza dell'immagine virtuale sia, per la sua formazione più vicina all'occhio, minore pel miope che pel presbite, pure il primo la vede maggiore del secondo, pel maggior angolo visivo che formano gli assi degli estremi coni luminosi emananti dall'oggetto.

La distanza adunque dell'oggetto dal centro ottico della lente, che forma uno degli elementi per calcolare il suo ingrandimento, deve variare colla visione o colla distanza del punto vicino della visione inerme dei diversi occhi. Se il punto vicino è più lontano, l'ingrandimento è maggiore e viceversa. Ampliando i limiti d'oscillazione del punto vicino e portandolo, come fanno alcuni ottici, fino a 14 pollici, si ottengono degli ingrandimenti favolosi ma illusorii, perchè realmente tali nel calcolo, ma molto minori in pratica, per la reale minore distanza del punto vicino.

Microscopio semplice. Il massimo ingrandimento di cui è capace una lente semplice è quello di 200 diametri, coll'intervallo di circa 1 mill. fra l'oggetto osservato e la lente. Per ovviare agli inconvenienti della forte aberrazione sferica e della breve distanza focale di queste lenti, se ne combinano varie, che formano una *lente composta* od un *sistema lenticolare*, il quale se opportunamente montato, dà luogo ad un *microscopio semplice.*

Osservando colle lenti, oltre all'accomodare l'oggetto sovra un punto della distanza focale diverso a norma della visione, bisogna accomodare l'occhio a distanza diversa dalla lente a norma della sua forza. Con deboli lenti si può tener lontano l'occhio dalla lente, mentre invece non si può superare una certa distanza con lenti forti, pel motivo che in quest'ultimo caso i raggi rifratti sono ancor tanto divergenti da non più colpire l'occhio lontano, mentre invece, per la minore divergenza, possono fino ad una certa distanza colpire le lenti più deboli. Per le une e per le altre però, avvicinando l'occhio fino a contatto della lente, si aumenta il numero dei punti lu-

minosi raccolti dall'occhio, epperò si aumenta il *campo visivo*, che è massimo appunto quando l'occhio è attiguo alla lente.

Microscopio diottrico composto. Col microscopio diottrico composto si applica un microscopio semplice (l'*oculare*) alla osservazione della immagine virtuale diritta ed ingrandita di una immagine reale dell'oggetto arrovesciata e pure ingrandita (dall'*obbiettivo*). L'immagine virtuale che si osserva è quindi arrovesciata rispetto all'oggetto. Quest'ultimo dovrà essere posto al di fuori della distanza focale dell'obbiettivo e la sua immagine reale dovrà cadere nella distanza focale dell'oculare. L'ingrandimento, rapportato alla grandezza reale dell'oggetto, è eguale all'ingrandimento dell'obbiettivo moltiplicato per quello dell'oculare. Esso cresce col diminuire della distanza focale dell'obbiettivo e dell'oculare, dei quali diminuisce anche il diametro, perchè col crescere della curvatura, onde ovviare all'aberrazione sferica, diminuisce l'area centrale diottricamente attiva della lente. Questa condizione va a scapito della intensità luminosa, che diminuisce quindi coll'ingrandimento, e va a scapito pure del campo visivo, il quale d'altronde viene ad essere ancora diminuito da un diaframma corrispondente al piano di projezione dell'immagine reale onde correggere l'aberrazione sferica. Per ovviare meglio alla quale ed alla limitazione del campo visivo si pone fra l'obbiettivo e l'oculare una terza lente convergente, che forma corpo coll'oculare e che dicesi *collettivo.* Questa, divergendo dalla loro direzione i raggi rifratti dall'obbiettivo, amplifica il campo perchè concentra nell'oculare un maggior numero di raggi, elimina quasi intieramente le due aberrazioni e permette di abbreviare il tubo del microscopio per la maggiore distanza in cui viene a cadere dall'oculare la nuova immagine reale, col danno però di una lieve diminuzione dell'ingrandimento.

L'obbiettivo potrebbe risultare da una sola lente acromatica di varia curvatura a seconda dell'ingrandimento, ma siccome riesce difficile la correzione del cromatismo mediante l'unione del flint e del crown nelle piccolissime lenti degli ingrandimenti superiori, così si combinano dei sistemi lenticolari aplanatici avvitando fra loro varie lenti obbiettive calcolate.

Microscopio catottrico composto. Il microscopio catottrico non differisce altrimenti dal diottrico se non in ciò, che all'ordinario obbiettivo è sostituito uno specchio concavo al davanti del quale sta uno specchietto piano inclinato a 45°. I raggi che partono dall'oggetto vengono projettati sullo specchio piano e da questo intieramente riflessi allo specchio concavo, il quale alla sua volta li riflette verso l'oculare, formando nella sua distanza focale un'imma-

gine reale arrovesciata ed ingrandita, che osservata all'oculare si converte in una più grande immagine virtuale.

Canocchiale. Vi ha il canocchiale *celeste* e *terrestre*. Amendue sono costrutti sullo stesso principio, solo che si aggiungono al secondo, fra l'obbiettivo e l'oculare, delle lenti destinate a raddrizzare l'arrovesciata immagine data dal primo. Il principio del resto che informa il canocchiale è identico a quello del microscopio. Ambedue hanno un obbiettivo che dà l'immagine reale arrovesciata nel tubo dell'istromento; ambedue hanno l'oculare che in amendue funziona da microscopio semplice, trasformando in immagine virtuale ingrandita e diritta, l'arrovesciata immagine reale data dall'obbiettivo. Se non che pel microscopio l'oggetto essendo assai vicino, potrà essere portato in massima vicinanza al foco della lente (che avrà quindi una breve distanza focale) per modo che i suoi fochi conjugati, cadendo nel tubo relativamente lontani dalla lente medesima, dovranno dare una immagine reale molto ingrandita, mentre invece il canocchiale, per la lontananza degli oggetti avendo un obbiettivo a maggior distanza focale, forma nel tubo un'immagine reale più piccola, che cade nel foco principale dell'obbiettivo e nella distanza focale dell' oculare. L' ingrandimento del canocchiale è quindi affidato intieramente all'oculare, che dovrà essere assai convesso, e tale ingrandimento non è relativo all'oggetto, ma all'impicciolita immagine reale del medesimo, prodotta dall'obbiettivo. Esso è determinato dal rapporto delle distanze focali dell'obbiettivo e dell'oculare a fuochi coincidenti. L'ingrandimento sarà quindi tanto maggiore, quanto è meno l'obbiettivo e quanto è più convergente l'oculare. La lunghezza del canocchiale è eguale alla somma delle distanze focali dell'obbiettivo e dell'oculare; cresce quindi colla distanza focale dell'obbiettivo, e col potere amplificante dell'istromento, che a lunghezza di 8 metri raggiunge l'ingrandimento di 1000.

Nel canocchiale terrestre si ottiene il raddrizzamento dell'immagine per mezzo di due lenti convergenti messe fra l'obbiettivo e l'oculare in modo, che quella più vicina all'obbiettivo abbia il suo fuoco coincidente con quello di quest'ultimo e quindi colla immagine reale da esso formata. I raggi divergenti dai punti focali dell'obbiettivo dovranno essere da questa lente rifratti in direzione paralella e trasmessi all'altra lente, che alla sua volta li rifrange in punti focali formanti una immagine reale arrovesciata rispetto a quella dell'obbiettivo e diritta rispetto all' oggetto. È questa immagine quella che cadendo nella distanza focale dell' oculare, viene da esso convertita in una diritta ed ingrandita immagine virtuale.

Il canocchiale di Galileo (da teatro) è un istromento semplicissimo, perchè consta soltanto di un obbiettivo convergente e di un oculare divergente. L'obbiettivo tende a formare la sua immagine reale arrovesciata oltre l'oculare, ma nell'attraversare quest'ultimo i suoi raggi essendo rifratti in direzione divergente, l'occhio li riferisce sul prolungamento dei loro assi e quindi in direzione opposta a quella che avevano nella formazione dell'immagine dell'obbiettivo. Per tale riferimento dovrà risultare la formazione di una immagine virtuale ingrandita ed arrovesciata rispetto all'immagine dell'obbiettivo, ma diritta rispetto all'oggetto e più vicina di quest'ultimo, perchè veduta sotto un maggior angolo visivo. Questo meccanismo è riprodotto nell'oftalmoscopio di Helmholtz. Come pel canocchiale astronomico, l'ingrandimento ha per valore approssimativo il rapporto della distanza focale dell'obbiettivo con quella dell'oculare. Se non che per la differenza nella ubicazione del foco di un oculare divergente rispetto ad un oculare convergente, la lunghezza del canocchiale Galileo non è eguale, come nel canocchiale astronomico, alla somma delle distanze focali dell'obbiettivo e dell'oculare, ma la distanza delle due lenti rappresentando invece la differenza delle loro distanze focali rispettive, ne verrà che il canocchiale di Galileo potrà essere molto più breve e quindi portatile ed applicabile col suo raddoppiamento alla visione binoculare. Il campo visivo essendo assai ristretto per la divergenza dell'oculare richiede un grande avvicinamento dell'occhio al medesimo.

I telescopii sono canocchiali astronomici ad obiettivo catottrico e ad oculare diottrico. I raggi siderei che entrano nel tubo del telescopio vengono in esso riflessi da un grande specchio concavo in una immagine rovesciata e piccolissima, dalla quale procedendo ad essere una seconda volta riflessi da uno specchio più piccolo, formano una immagine ingrandita ed arrovesciata rispetto alla prima e quindi diritta rispetto all'oggetto. È questa la immagine reale catottrica, che cadendo sulla distanza focale dell'oculare viene da esso convertita in immagine virtuale diottrica ingrandita e diritta.

Oftalmoscopio. La costruzione dell'oftalmoscopio è basata sul principio di concentrare sulla retina di un occhio osservante i fochi dei raggi riflessi dalla retina di un occhio osservato. Dal § 64 sappiamo che la retina riflette i raggi nella direzione del punto per la cui visione è accomodata. Se un occhio osservando è giustamente accomodato alla visione di un punto luminoso, i raggi che ne colpiscono la retina vi formano il punto focale in causa della giusta accomodazione, e quelli di essi che cadendo sotto un angolo troppo forte vengono riflessi, trovando gli stessi mezzi diottrici di

ritorno, si concentrano nel punto luminoso. Se un occhio osservante potesse illuminare, riconcentrandosi in esso i raggi riflessi dall'occhio osservando, potrebbe avere la visione del fondo di quest'ultimo. Ciò non essendo, Brücke pensò per il primo di sopperirvi, fissando all'occhio osservando un punto di accomodazione a data distanza e portando su essa il punto luminoso. In tali condizioni il punto luminoso dovrebbe riprodursi oltre la retina, la quale riflette nella direzione del punto per cui è accomodata i raggi convergenti da cui è colpita. Sostituendo al punto di accomodazione l'occhio osservante sarà esso colpito dai raggi riflessi dal fondo dell'occhio osservato.

Su queste primitive indicazioni di Brücke, Helmholtz costrusse il suo più semplice oftalmoscopio, il quale non è altro che una lente convergente opportunamente montata. Fissando l'accomodazione lontana, si porta sulla relativa distanza la fiamma d'una lucerna e s'interpone fra essa e l'occhio osservando la lente convergente, che converge i raggi in un foco, oltre al quale soltanto colpiscono l'occhio osservando in direzione assai divergente, per cui viene ad essere aumentata la differenza fra la direzione d'incidenza divergente dei raggi (opportuna al miope) e la condizione ipermetropica dell'occhio accomodato a distanza. Per questo aumento di differenza fra il valore diottrico dell'occhio e l'angolo di incidenza de' suoi raggi, dovrà aumentare il numero dei raggi riflessi nella direzione sensibilmente paralella (lievemente convergente) del punto di accomodazione. Se non che però una parte di questi raggi riflessi, incontrandosi nella lente, viene fatta più convergente, in modo da formare della corrispondente parte di fondo retinico una immagine reale ed arrovesciata, che l'occhio osservante potrà vedere a conveniente distanza visiva. Questa immagine può essere anche projettata sovra un piano, posto al davanti della cornea di un occhio di coniglio albino, insinuato in sipario opaco ed illuminato posteriormente in corrispondenza di un pertugio di data figura praticato mediante esportazione della cornea. Sul sipario si projetta la ingrandita ed arrovesciata figura del praticato pertugio.

Helmholtz ha pur costrutto un altro oftalmoscopio, che potrebbe dirsi catottrico. Una piastra formata da varie sovrapposte lamine vitree è inclinata a 45° sul piano anteriore dell'occhio osservando e riceve sotto lo stesso angolo i raggi di una lucerna. Questi raggi dovranno essere riflessi nell'occhio osservando e dovranno, a conveniente distanza e quindi a conveniente direzione (sensibilmente paralella) dei raggi riflessi all'occhio, concentrarsi sulla sua retina. In tali condizioni quei raggi che l'occhio riflette, dovranno battere la stessa

via dei raggi incidenti, ricadere quindi sotto il medesimo angolo sulla piastra e da questa riconcentrarsi nella lucerna. Come però la piastra è diafana, così una parte dei raggi riflessi dall'occhio su essa, la trapasseranno, mantenendo la stessa direzione (lievemente convergente) che avevano al loro cadere su essa. Osservando quindi dietro la piastra ed interponendo a conveniente distanza una lente divergente per correggere la convergenza dei raggi, si potrà avere una distinta immagine virtuale diritta della parte illuminata della retina osservanda. Supponendo infatti, come nell' annessa fig. 7,

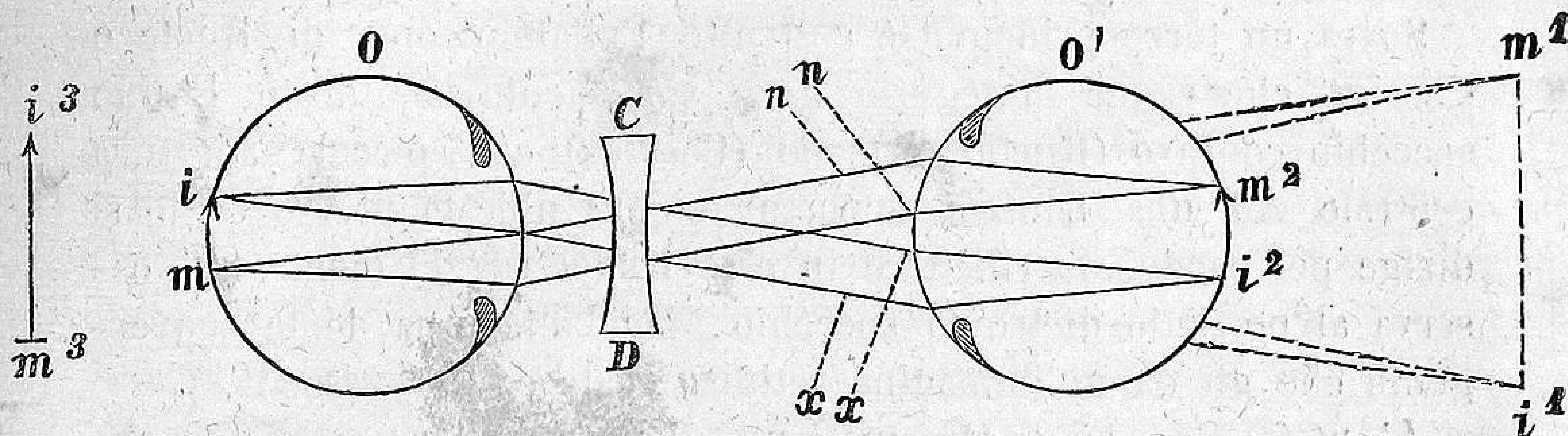


Fig. 7.

Rappresenta l'andamento dei raggi nell'oftalmoscopio catottrico di Helmholtz.

che i raggi *i x i x*, *m n m n* sieno quelli fra i raggi riflessi dalla figura *i m* della retina osservanda *O*, che passarono per lo specchio (non rappresentato nella figura) essi convergerebbero nei punti $m' \, i'$, ove riprodurrebbero la figura reale arrovesciata di *i m*. Interponendo invece la lente concava *C D*, questi raggi divergono per modo da riprodurre sulla retina dell'occhio osservante *O'* l'immagine $m^2 \, i^2$ quando la divergenza loro sia tale, come se derivassero da $i^3 \, m^3$, che sono nella distanza visiva di *O'*. In $i^3 \, m^3$ giace quindi la diritta e virtuale immagine di *i m*. L'istrumento funziona come un canocchiale di Galileo, il cui obbiettivo è rappresentato dai mezzi diottrici di *O'*, l'oculareda *C D*. Spostando quest'ultimo, si addatta il sistema alle diverse visioni, come avviene del canocchiale invaginandone od estraendone l'oculare.

Con questo metodo si vede naturalmente la immagine retinica della fiamma illuminante, la sua posizione, le sue variazioni per l'accomodazione, il che non è ottenibile col metodo precedente, fondato sul principio della formazione sulla retina di un possibilmente ampio circolo dispersivo della fiamma. Questo secondo metodo è preferibile per una ispezione più estesa del campo retinico, mentre invece il primo, che permette un maggiore avvicinamento di *O'* ad *O* e che

ingrandisce considerevolmente limitate estensioni della retina, è preferibile per la osservazione dei dettagli.

Con questo metodo se *O* è bene accomodato alla immagine della fiamma riflessa dallo specchio, se ne scorge spiccata la immagine retinica, mentre la restante retina non è oscura, ma più o meno luminosamente rossastra per riflessione ad *O* di luce diffusa tanto dallo specchio, quanto dal volto dell'osservante ed anche per passaggio di raggi attraverso la schlerotica ed ulteriore riflessione diffusa dei medesimi, che in parte dovranno quindi coincidere colle due pupille di *O* e di *O'*.

Sovra un terzo principio è costrutto l'oftalmoscopio di Ruete e Coccius, che venne in seguito assai variamente modificato. È uno specchio concavo (Ruete) o piano (Coccius) con piccola apertura centrale. Ad una fiamma opportunamente ubicata presso *O*, lo si dirige per modo, da riflettere in esso i suoi raggi, mentre *O'* osserva al pertugio dietro lo specchio, mediante una lente convergente che gli dà un'immagine retinica reale ed arrovesciata.

L'autoftalmoscopio di Coccius è un tubo annerito internamente, che ad una estremità porta una lente convessa e all'altra uno specchio piano, pertugiato nel centro, con volta all' esterno la superficie riflettente. Applicando l'occhio all'apertura dello specchio e dirigendo lo stromento ad una fiamma per modo, che venga illuminato il collicolo, se si diriga l'asse ottico al margine dell'apertura, i raggi riflessi dalla parte illuminata della retina possono dallo specchio essere riflessi sulla macchia gialla della medesima. Heymann ha pur costrutto un'autoftalmoscopio, mediante il quale può aversi, coll'aiuto di uno specchio e di un prisma, dall'un occhio, la immagine arrovesciata della retina dell'altro.

IV. — **Sensazioni ottiche.**

§ 79. *Eccitazione eterea del nervo ottico.*

La sensazione visiva non è un effetto immediato della ondulazione eterea, ma della eccitazione in cui per essa entrano le fibre del nervo ottico. La retina è senza dubbio l'organo in cui avviene questa trasformazione del movimento luminoso in movimento nervoso, e dei diversi elementi che compongono la retina sono i bacilli ed i coni quelli, che per un processo sino ad ora sconosciuto, diventano, per azione della luce, eccitatori della fibra nervosa con

cui si continuano. La necessità di quest'organo intermediario fra la luce e la fibra ottica è indicata dalla stessa circostanza, che mentre le fibre ottiche reagiscono colla sensazione luminosa ad altri stimoli (meccanici, elettrici, ecc.) non reagiscono invece, come non reagisce alcun altro nervo, allo stimolo luminoso.

Questa diretta ineccitabilità delle fibre ottiche alla luce, permette che esse possano disperdersi nella retina al davanti dei coni e dei bacilli, ai quali, in causa della trasparenza retinica, la luce può arrivare istessamente, salvo arrivarvi meglio, laddove coni e bacilli sono a nudo, come avviene nella regione della visione distinta (macchia gialla) ove invece, appunto per la mancanza anteriore ai bacilli di fibre ottiche, dovrebbe aversi la cecità, se queste rappresentassero gli elementi direttamente eccitabili dalla luce. Che poi la ineccitabilità diretta dell'ottico alla luce non sia soltanto propria delle fibre che compongono il nervo, ma anche di quelle che sono arrivate alla retina, lo dimostra il fatto della cecità di quella regione della retina a cui corrisponde la papilla, dove esistono quindi le fibre ottiche, ma non esistono nè bacilli nè coni. E la stessa disposizione a mosaico dei bacilli e dei coni consuona colla necessità, che ai punti luminosi esterni, corrispondano nella retina tanti schierati punti eccitabili. Da questa corrispondenza, che certo non esisterebbe quando fossero direttamente eccitabili le fibre dell'ottico disperdentisi a fasci reticolati al davanti dei bacilli e dei coni, poteva solo venire la facoltà di riferire i punti senzienti ai punti luminosi esterni e la conseguente facoltà di determinare la relativa ubicazione e distanza di questi ultimi, epperò anche la forma e la grandezza degli oggetti.

Prescindendo però anche da queste argomentazioni puramente induttive, H. Müller ha dimostrato sperimentalmente la primitiva eccitabilità luminosa dei bacilli e dei coni nella facoltà che abbiamo di vedere oscuri in campo chiaro i nostri proprii vasi retinici, mediante l'ombra che essi, scarsamente esistenti nello strato di dispersione del nervo ottico, più abbondantemente negli strati sottoposti, projettano sulla retrostante superficie a mosaico di bacilli e di coni. H. Müller spinse anzi l'esperienza a tal punto, da determinare la distanza dal vaso sanguigno del piano senziente di projezione dell'ombra, basandosi sugli stessi rapporti di spostamento della luce e dell'ombra. Se infatti i vasi sanguigni fossero contigui alla superficie senziente, la loro ombra non si sposterebbe sensibilmente allo spostar della luce, mentre invece ad eguali spostamenti di luce lo spostamento dell'ombra deve essere tanto più considerevole, quanto più lontana è la superficie che sente la projezione

dell'ombra. Misurando ora lo spostamento che subisce l'ombra di un ramo vascolare in vicinanza alla macchia gialla, Müller calcolò una distanza del vaso dalla superficie di projezione di millimetri 0,17 a 0,33, mentre dalla misurazione diretta delle sezioni retiniche, gli risultò fra i vasi sanguigni e la superficie interna dei bacilli una distanza di millimetri 0,2 a 0,3; distanza, la quale, se si tenga conto della difficoltà dell'indagine e delle molte cause d'errore, corrisponde mirabilmente con quella calcolata in base allo spostamento dell'ombra.

Senza quindi conoscere il processo (chimico, termico, elettrico) per cui bacilli e coni colpiti dalla luce eccitano le fibre dell'ottico, possiamo però con certezza affermare, che i raggi luminosi arrivano ai bacilli ed ai coni senza aver destato alcun effetto fisiologico negli strati precedenti; che destano nella loro sostanza una tale sconosciuta modificazione, la quale trasmettendosi per le fibre radiate emananti da ciascun bacillo e cono alla rispettiva cellula gangliare, determina la eccitazione di essa e la conseguente eccitazione della fibra ottica, che ne emana.

§ 80. *Colori o qualità diverse di sensazione luminosa.*

La sensazione di luce, che ha la sua negazione nella oscurità, presenta le sue variazioni qualitative nei *colori fondamentali* dello spettro e nelle svariate miscele dei medesimi, fra le quali primeggia il bianco, mentre il nero non esiste come qualità, sibbene come negazione di sensazione, per la quale rileviamo l'oggetto nero dall'essere la corrispondente porzione di retina in riposo, rispetto alla restante parte eccitata della medesima.

I colori non si lasciano nè definire, nè paragonare, poichè conosciamo bensì le differenze delle cause esterne che li determinano subjettivamente, ma non conosciamo quali modificazioni di eccitazione dell'ottico e del centrale apparato senso-percettivo, a tali differenze corrispondano. Gli è perciò che noi non possiamo rapportare il colore se non alla causa esterna, che subjettivamente lo determina.

L'onda eterea, che è lo stimolo adequato del nervo ottico, varia nella sua lunghezza e velocità. A questa variazione corrisponde un vario grado di refrangibilità e di assorbibilità.

Questa variazione si manifesta fisiologicamente nella diversa sensazione di colore.

I colori quindi non esistono fuori di noi, ma esistono solo in quanto il nervo ottico trasmette ad un centro senso-percettivo lo

stato di eccitazione in cui è entrato per onde eteree variamente celeri e lunghe. Il rosso, per esempio, corrisponde a 474, il violetto a 764 bilioni di vibrazioni al secondo.

La luce solare è un miscuglio di onde a lunghezze assai numerosamente varie, dalla cui contemporanea azione sulle fibre ottiche risulta la sensazione del bianco.

Come vedemmo pei toni, così avviene pei colori, che cioè la forma del movimento etereo nella luce solare, può considerarsi qual somma di movimenti semplici (a pendolo) varii soltanto per la diversa durata dei loro periodi vibratorii. E come in questi movimenti semplici o in toni semplici è decomponibile e percettibile per mezzo della consuonanza il tono musicale, così il movimento composto proprio della luce solare può essere, mediante la rifrazione, decomposto ne' suoi movimenti semplici, alla lor volta percettibili in forma di colori spettrali. Il raggio solare si decompone nel prisma in divergenti raggi ad onde semplici di varia lunghezza, per modo che quelli ad onde più brevi divergono al massimo, quelli ad onde più lunghe al minimo dalla primitiva direzione del raggio composto, e nell'ordine di crescente divergenza espresso dalla seguente tavola, nella quale sono indicati i colori generalmente rilevabili allo spettro, le rispettive lunghezze e velocità di onde, con aggiunta delle principali linee oscure di Fraunhofer.

Linee di Fraunhofer	Colore	Lunghezza dell'onda in $\frac{100}{1000}$ di millimetro	Velocità vibratoria al min. sec.
B	Fine del rosso	6878	452 bilioni
C	rosso	6564	474 »
D	arancio / giallo	5888	528 »
E	verde	5260	591 »
F	azzurro cianico	4848	641 »
G	azzurro indigo	5291	724 »
H	violetto	3929	785 »

Si distinguono inoltre, come colori di passaggio, il rosso-arancio, il giallo d'oro e il verde-azzurro.

Dal rosso al violetto quindi aumenta la divergenza, diminuisce la lunghezza e cresce di conseguenza il numero delle vibrazioni al minuto secondo.

I raggi spettrali corrispondenti a questi colori, danno luogo, nella percezione dei medesimi, ad un effetto fisiologico determinato da ciò, che i raggi medesimi riflessi colla stessa forma di movimento dallo spettro all'occhio, riproducono sulla retina i punti luminosi da cui emanano, epperò riproducono una immagine retinica dello

spettro, nelle cui diverse zone (cromatiche) i bacilli variamente eccitati dal diverso numero delle vibrazioni, determinano la varietà della sensazione di colore, che noi, per la facoltà objettivante, riferiamo allo spettro objettivo.

Onde eteree di data lunghezza determinano diverse gradazioni di colore a norma della intensità luminosa, per modo, che ogni colore spettrale, e fra questi più facilmente il violetto, meno facilmente il rosso, si avvicina per determinate gradazioni al bianco, col crescere di questa intensità.

I raggi semplici risultanti dalla decomposizione del raggio solare non sono però tutti fisiologici, quantochè, prima del rosso e dopo il violetto, hanvi altri movimenti eterei semplici, i quali in circostanze ordinarie non sono visivamente rilevabili in forma di colore, tuttochè dimostrabile la loro presenza per altre loro attività. Elidendo infatti gli altri raggi, si possono ancora distinguere alla fine del rosso gli ultimi raggi fisiologici nero-rossi a lunghezza d'onda di 0,00081 mill. Prima di questi, i raggi cessano di essere fisiologici, ma mediante rifrazione con prisma di flint, Fizeau ha potuto rilevare con termometri e con apparati termo-elettrici dei raggi oscuri *termici*, a massima lunghezza d'onda di 0,00194 mill. Diconsi invece raggi *chimici* quelli ad onde di minima lunghezza (0,00031 mill.) che si formano dopo il violetto, perchè spiegano un' attività chimica sui sali d' argento e sulla tintura di guajaco, ma meglio ancora pei così detti fenomeni di *fluorescenza*, cui danno luogo, in presenza di una soluzione di solfato di chinino. Questi ultimi raggi, a differenza dei primi, possono in date circostanze rendersi visibili e diventar quindi raggi fisiologici.

Credevasi che la impercettibilità di questi raggi fosse dovuta a ciò, che essi fossero assorbiti dai mezzi diottrici dell' occhio prima di arrivare alla retina. Se questa opinione primamente avanzata da Brücke, può ancora valere pei raggi termici (non più rilevabili, secondo lo stesso Brücke, coi mezzi termometrici nei raggi solari che attraversarono l'occhio) non vale oggigiorno pei chimici.

Partendo dalla cognizione che i raggi molto rifrangibili (violetti ed ultra violetti) azzurrano la resina di guajaco, mentre invece la disazzurrano i raggi meno rifrangibili, Brücke trovò che i raggi solari passati per l' occhio azzurrano assai poco, e per quanto potrebbe spettare ai soli raggi violetti, uno strato di resina di guajaco su lamina di porcellana sostituita alla retina, mentre invece disazzurrano fortemente la stessa resina azzurrata dalla luce solare; trovò inoltre che i raggi solari passati per l'occhio non agiscono sul sale argentico della carta fotografica, per cui ne conchiuse che i mezzi

dell'occhio assorbono fortemente tutti i raggi semplici risultanti dalla decomposizione dei raggi solari: che questo assorbimento è completo pei raggi extra-spettrali, che cessano quindi di essere fisiologici; incompleto per gli spettrali, che mitigati dall'assorbimento, danno l'effetto fisiologico della sensazione di colore.

Perciò che spetta al completo assorbimento dei raggi chimici, Donders ha rettificata l'opinione di Brücke sperimentando in base alle seguenti preliminari conoscenze. Una soluzione di solfato di chinino, veduta di prospetto, ha un colore celeste, specialmente nei suoi strati più superficiali. Questo fenomeno, che fu detto di *fluorescenza*, devesi a ciò, che questa soluzione e molte altre hanno la proprietà di modificare la rifrangibilità dei raggi chimici, riducendola a quella dei raggi azzurri. Una volta modificata questa rifrangibilità, la fluorescenza non potrà più aver luogo, epperò non ha luogo negli strati inferiori di una soluzione di chinino, e meglio ancora non ha luogo in nessuno strato di altra soluzione illuminata coi già modificati raggi derivanti da una prima soluzione fluorescente. I raggi azzurri fluorescenti potranno quindi rendersi visibili oltre al violetto nello spettro, quando si cosperga il sipario spettrale di una soluzione di chinino, e cesseranno di essere visibili con questo mezzo, quando fra luce e prisma o fra prisma e sipario s'interponga un'altra soluzione di chinino. Ora, se fosse vero che i mezzi dell'occhio assorbono intieramente i raggi chimici, essi non dovrebbero più produrre effetti di fluorescenza. Donders ha invece dimostrato il contrario; ha dimostrato, cioè, la visibilità degli azzurri raggi chimici sul sipario spettrale cosperso di soluzione di chinino, a raggi solari passanti pel prisma e per ciascuno o per tutti i diversi mezzi dell'occhio; ed ha pur dimostrata la persistente fluorescenza della soluzione di chinino battuta da raggi che passarono per l'occhio. Nell'uno e nell'altro caso però la intensità luminosa era diminuita, tanto perchè realmente ha luogo un parziale assorbimento di raggi da parte dell'occhio, quanto perchè alcuni de'suoi mezzi, non esclusa la retina, e fra essi specialmente la cornea e più specialmente ancora la lente, sono essi stessi fluorescenti.

Queste ricerche traevano Donders a conchiudere, che la invisibilità dei raggi chimici non dipendesse dal completo loro assorbimento, sibbene da un tale rapporto, fra il movimento proprio dei medesimi e la costituzione dell'apparato senziente, pel quale, quest'ultimo non fosse eccitabile dal primo, o in altre parole, dalla ineccitabilità ottica di movimenti eterei ad onde troppo brevi e a vibrazioni troppo frequenti.

Senonchè Helmholtz ebbe poi a dimostrare, che i raggi chi-

mici, ch'ei chiama *ultravioletti*, senza che sia modificata la loro refrangibilità mediante la fluorescenza, agiscono sul nervo ottico, in modo però assai debole (1200 volte meno intensamente dei raggi modificati dalla fluorescenza) per cui bisogna eliminare dall'occhio tutte le parti più chiare dello spettro, onde averne la percezione. I raggi ultravioletti che incomincerebbero, secondo Helmholtz, oltre la linea L, avrebbero un colore oscillante, a norma della intensità luminosa, fra l'azzurro indaco e il bianco azzurro. Questi raggi ultravioletti hanno una tale estensione da aumentare quasi del doppio la lunghezza dello spettro.

Che l'assorbimento dei mezzi dell'occhio e la loro fluorescenza non ostino interamente all'arrivo alla retina di non modificati raggi ultravioletti, lo mostrano le risultanze di Donders e Brucke sulla fluorescenza al chinino o sul lieve azzurramento della tintura di guajaco per luce passata dall'occhio. Che poi non sia la stessa fluorescenza della cornea o della lente quella che vediamo nella percezione dei raggi ultravioletti, risulta dal fatto, non possibile in questo caso, che abbiamo, cioè, una distinta immagine della parte ultravioletta dello spettro. Quale poi sia la causa per cui la retina è meno eccitabile da raggi ad onde brevissime, non può dirsi, fino a tanto che non sieno conosciute le condizioni della eccitabilità ottica, e solo può affermarsi esistere nella carbo-luce elettrica raggi ancora più rifrangibili dei solari, la cui diretta visibilità non è ancora dimostrata (Stokes).

Fechner ed Helmholtz ammettono che anche il nero sia una sensazione, dipendente da uno stato di attività del nervo, distinguibile dal suo stato di riposo, che darebbe luogo al non vedere. Certo che quando il nero non è assoluto, dovrà avervi una sensazione più o meno grigia, ma Fechner ammette la sensazione anche del nero assoluto e quindi della mancanza di luce per interna attività del nervo ottico. Questa ammissione è superflua. Nella perfetta oscurità noi abbiamo la conoscenza di un campo visivo nero, e come avviene che col tatto riconosciamo le distanze dalla interposizione di parti ineccitate della cute fra parti eccitate della medesima, così avviene della retina, che dalla interposizione di parti non eccitate, riconosciamo gli oggetti neri in quanto non essendo luminosi non eccitano la retina, epperò in realtà riconosciamo lo stato di riposo di quelle parti di essa che sono interposte a parti eccitate. Rileviamo cioè l'oggetto nero non per sè stesso, ma perchè nel corrispondente campo disconosciamo la presenza di un corpo luminoso.

Dire che il nero sia diverso dal mancare della sensazione, equiparabile al non vedere, per esempio, della nuca, è a nostro avviso paradossale, in quanto che la nuca non riconoscendo la luce non può nemmeno conoscere il nero o la sua negazione. Colla stessa ragione potrebbe dirsi pel nervo acustico una sensazione (da interna attività del nervo) il silenzio, e distinguerlo dal non udire del naso o della lingua.

§ 81. *Miscela ottica dei colori.*

La sensazione che abbiamo dalla miscela ottica dei colori o dalla contemporanea o rapidamente successiva azione di due colori spettrali sugli stessi punti sensibili della retina, è qualitativamente diversa da quella che ci risulta dalla miscela obbiettiva dei pigmenti. Se infatti da quest'ultima, per la unione dell'azzurro e del giallo, otteniamo il verde, abbiamo il bianco dalla contemporanea o successiva azione degli stessi colori sulla retina.

Riserbandoci parlare più innanzi della causa di questa differenza, vediamo ora gli effetti della miscela ottica dei colori.

Si può ottenere questa miscela cogli spettri, mediante un ingegnoso apparato costrutto da Helmholtz e descritto nella sua *Ottica fisiologica.* Questo apparato presenta il vantaggio di potersi mescere qualsiasi colore spettrale, di potersi vedere il miscuglio isolato da ogni altra luce perturbante e di potersi a beneplacito variare la intensità di ciascun costituente il miscuglio.

Con mezzi più semplici si possono ottenere i miscugli ottici:

1° Prevalendosi delle sensazioni visive postume e facendo cadere mediante ruota cromatica sopra un punto della retina già impressionato da un colore precedente, un colore successivo, prima che la preceduta impressione sia svanita. Con questo mezzo si dimostra anche il bianco risultante dalla miscela ottica dei colori spettrali a controprova della decomposizione della bianca luce solare in questi colori.

2° Mettendo verticalmente su tavola nera orizzontale una piastra di vetro incolora, e al di qua e al di là della medesima i due colori, rappresentati per esempio da due ostie. Osservando traverso il vetro il colore posto al di là di esso, vedesi anche la immagine riflessa del colore posto al di qua del medesimo. Smuovendo il vetro si possono far coincidere nello stesso spazio e quindi negli stessi punti della retina i due colori, i quali, se sono il giallo e l'azzurro a conveniente intensità, vedonsi formare il bianco od il grigio, ma non il verde.

Dall' applicazione del suo apparecchio allo studio della miscela ottica dei colori, Helmholtz è venuto alle seguenti conclusioni:

1° Le sensazioni derivanti dalla contemporanea eccitazione degli stessi punti retinici con due o più onde eteree a diverso periodo vibratorio sono generalmente diverse da quelle che inducono le semplici onde spettrali. L'occhio però non sa decomporre ne' suoi componenti la qualità della sensazione che ne risulta, o in altre

parole, non sa intravvedere nel miscuglio i colori semplici che lo formano. E in ciò differisce dall'orecchio, che vedemmo capace di decomporre il tono musicale in toni semplici e di dare una distinta sensazione dei singoli toni che contemporaneamente lo colpiscono.

2° Le nuove sensazioni di colore, che insorgono, per la miscela dei semplici colori spettrali, sono il *porpora* e il *bianco* e le gradazioni intermedie dal porpora al bianco, dal bianco ai colori spettrali.

Il porpora insorge per contemporanea azione di onde a massima e minima durata vibratoria (nei limiti dello spettro visibile) più carico per rosso e violetto, meno carico per azzurro ed arancio.

Il bianco insorge per contemporanea azione di tutte le onde spettrali o di determinate coppie delle medesime.

3° Una coppia di onde spettrali di data lunghezza, o in altre parole, due colori spettrali che otticamente misti danno il bianco, diconsi *complementari.* Sono complementari, secondo Helmholtz, i colori

rosso e verde-azzurro
arancio e azzurro-cianico
giallo e azzurro-indaco
verde-giallo e violetto.

Il verde non ha nello spettro un colore complementare semplice, ma soltanto un colore complementare composto, che è il porpora da violetto e rosso.

4° Per ciò che spetta alla miscela ottica di colori non complementari, Helmholtz ha trovato:

Che la miscela di due colori, la cui distanza nello spettro è minore di quella dei colori complementari, dà un colore intermedio, tanto più carico, quanto è minore la loro distanza; tanto più traente al bianco, quanto più essa è maggiore. Che la miscela di due colori, la cui distanza nello spettro è maggiore di quella dei colori complementari, dà o il porpora o un colore intermedio fra uno dei misti e la corrispondente estremità dello spettro, colore intermedio, che al contrario del caso precedente, è tanto più saturo o tanto più traente al bianco, quanto è maggiore o minore la distanza spettrale dei due colori commisti.

Le caselle, che nel seguente prospetto trovansi all'incontro delle colonne verticali ed orizzontali, cui stanno a capo i colori spettrali, indicano i colori misti risultanti dalla miscela ottica dei colori

spettrali proprii a ciascuna delle colonne che s'incontrano. Le lettere *b*, *c* significano rispettivamente *biancastro* e *carico*.

	Violetto	Azzurro indaco	Azzurro cianico	Azzurro verde	Verde	Verdegiallo	Giallo
Rosso	Porpora	Rosa c	Rosa b	Bianco	Giallo b	Giallo d'oro	Arancio
Arancio	Rosa c	Rosa b	Bianco	Giallo b	Giallo	Giallo	
Giallo	Rosa b	Bianco	Verde b	Verde b	Verde giallo		
Verde giallo	Bianco	Verde b	Verde b	Verde			
Verde	Azzurro b	Azzurro d'acqua	Azzurro verde				
Azzurro verde	Azzurro d'acqua	Azzurro d'acqua					
Azzurro cianico	Azzurro indaco						

Risulta da questo prospetto, che il numero dei colori delle miscele derivanti dalla combinazione di due colori spettrali, non è eguale ma inferiore al numero delle combinazioni medesime, dappoichè come varie di esse danno il bianco, così possono anche dare eguali colori misti.

Nessun nuovo colore insorge dalla miscela di piucchè due colori spettrali, riducendosi in ogni caso le modificazioni al porpora o ai diversi gradi di saturazione dei colori spettrali, gradi di saturazione, che potrebbero essere considerati come derivanti dalla miscela di quantità diversa di luce bianca.

Le designazioni di *grigio* e di *bruno* non si riferiscono propriamente alla qualità della sensazione, ma alla intensità della medesima, corrispondendovi rispettivamente il bianco ed il giallo a luce debole.

Dal detto emerge: che ogni colore può essere considerato come il prodotto di tre grandezze variabili, che sono: la intensità della luce, la gradazione del colore e il suo grado di saturazione, alle quali corrispondono rispettivamente, la quantità della satura luce

colorata dello spettro, la lunghezza della sua onda e la quantità della luce bianca commistavi.

Rispetto alla sensazione ed alla percezione dei diversi colori fu mosso il problema: se ciascuna fibra nervosa possa essere variamente eccitata da qualsiasi lunghezza di onda eterea, per modo che la diversa sensazione di colore che ne risulta sia l'effetto di una eventuale modalità di eccitazione e di una conseguente modificazione del centrale movimento senso-percettivo; ovvero, se per le diverse sensazioni di colore non sienvi per avventura fibre ottiche ed apparati terminali diversi, di cui ciascuno reagisce soltanto ad onde eteree di determinata lunghezza, come avviene della coclea, in cui havvi per ogni tono semplice di data altezza una speciale fibra nervosa ed uno speciale apparato di eccitazione, il quale risuona soltanto per quelle onde acustiche, che hanno un periodo di determinata durata. Per la soluzione di questo problema furono avanzate diverse ipotesi, fra le quali menzioniamo nel seguente paragrafo quella di Young, oggigiorno applicatasi alla spiegazione di molti fenomeni ottici.

Helmholtz ha studiate le cause della accennata differenza che intercede nel contegno delle miscele ottiche dei colori e delle miscele objettive dei pigmenti. La luce riflessa da una miscela di due pigmenti, non corrisponde punto alla miscela di due colori riflessi isolatamente dai medesimi, ma consta soltanto di quelle onde eteree che non vennero assorbite da alcuno dei due pigmenti. Dalla superficie di una polverosa massa di pigmento, viene riflessa soltanto una piccola parte della incidente luce bianca, la quale in massima parte penetra attraverso le particelle di pigmento per essere quindi riflessa dalla superficie delle profonde di esse.

In questo passaggio la luce bianca perde per assorbimento una parte de' suoi costituenti (colorati); la luce riflessa dagli strati profondi consta soltanto dei raggi colorati non assorbiti, epperò il colore del pigmento viene ad essere tanto più intenso, quanto più grosso il suo strato e completo quindi l'assorbimento. In un miscuglio di due pigmenti (azzurro e giallo) la riflessa luce profonda, tanto esuberante sulla riflessa luce superficiale da determinare il colore del miscuglio, non può essere che quella, la quale non venne assorbita da alcuno dei due pigmenti e che ha quindi potuto passare attraverso le particelle azzurre e gialle. Ora il pigmento azzurro colpito da luce bianca lascia passare raggi verdi, azzurri e violetti; il giallo raggi rossi, gialli e verdi, per cui attraverso il miscuglio non possono arrivare all'occhio che i raggi

verdi, ai quali amendue i pigmenti danno passaggio, mentre i raggi azzurri e violetti del pigmento azzurro sono assorbiti dal pigmento giallo e i raggi rossi e gialli del pigmento giallo sono assorbiti dal pigmento azzurro. A ciò si deve, che mentre la miscela ottica del giallo e dell'azzurro dà il bianco, dà invece il verde la miscela di due corrispondenti pigmenti.

§ 82. *Distinzione dei colori.*

I colori pigmentali esigono una certa intensità di luce per essere distinti. Mancando questa od eccedendo svaniscono le gradazioni, finchè si giunge nel primo caso al nero, al biancastro nel secondo. Passando gradatamente dalla oscurità alla luce, i colori rosso e giallo appaiono prima dell'azzurro.

La facoltà di distinguere i colori è molto varia. Alcuni l' hanno assai sviluppata, per modo da saper distinguere, a differenza di altri, le minime gradazioni di uno stesso colore e principalmente le più difficili dell'azzurro. Altri invece l'hanno tanto depressa da non saper distinguere alcuni colori.

La più frequente mancanza di distinzione è quella del rosso, che dà luogo al *Daltonismo*, negli avanzati gradi del quale non si riconosce nello spettro che il verde e l'azzurro.

Di questa anomalia tentasi dare spiegazione coll'ipotesi di Young (non confermata dall'anatomia) che ammette emananti da ogni bacillo retinico tre fibre nervose specificamente diverse ed eccitabili l' una dal rosso, l' altra dal verde, la terza dal violetto, mentre il giallo e l'azzurro dipenderebbero dalla contemporanea eccitazione di due di queste fibre. Il rosso ecciterebbe fortemente le fibre rosse, più debolmente le verdi, più debolmente ancora le violette. Mancando la eccitabilità della fibra rossa nel Daltonismo, diminuirebbe anche la sua eccitabilità pel verde e più ancora pel violetto, di cui mancherebbe quasi affatto la sensazione con quella del rosso, sarebbe diminuita la sensazione del verde, che si farebbe verdastro, e resterebbe integra quella dell' azzurro, perchè questo colore normalmente ecciterebbe poco le fibre rosse. Secondo Schelske la retina sarebbe anche normalmente ineccitabile al rosso in una sua zona limitrofa all'ora serrata.

Ammettesi pure una eventuale ineccitabilità delle fibre verdi di Young, ma questa anomalia non fu ancor bene studiata ed è quindi pochissimo conosciuta.

Più meritevole di menzione è la visione gialla in seguito all'uso della santonina. Secondo le ricerche fatte ultimamente da Rose, l'a-



zione sua sarebbe dovuta all' acido santonico, che paralizzerebbe prima la sensibilità della retina al violetto, poi anche quella all'azzurro, scemando pur quella al rosso, motivo per cui agendo la luce bianca prevale la sensazione del giallo.

La regione della retina capace di una più esatta distinzione dei colori è senza dubbio quella della più distinta visione (macchia gialla). Procedendo verso l'ora serrata diminuisce la vivacità delle tinte e quando l' oggetto colorato forma un certo angolo coll' asse ottico, non se ne rileva la tinta, ma appare soltanto chiaro se in campo nero, oscuro se in campo bianco.

Avendo Helmholtz invocata la ipotesi di Young per la spiegazione di molti fenomeni relativi specialmente alle immagini postume, crediamo prezzo dell'opera esporla con maggiore dettaglio.

Le tre specifiche fibre di Young si differenzierebbero : 1.° per la qualità della sensazione che destano se eccitate, 2.° per il vario grado di loro eccitabilità ad onde eteree di diversa lunghezza.

La eccitazione di una specie darebbe il rosso, quella dell' altra il verde, quella della terza il violetto.

Ogni fibra però verrebbe eccitata da ogni specie di luce omogenea dello spettro, in diverso grado e precisamente in modo, che le fibre procuranti la sensazione rossa e che per amore di brevità diremo rosse, sieno eccitate al massimo dalle onde eteree più lunghe, le verdi invece dalle onde di media lunghezza, le violette dalle onde più brevi.

Young ammette quindi tre colori fondamentali subjettivi, che variamente commisti darebbero luogo ai colori objettivi. Insorge un colore fondamentale quando la corrispondente fibra nervosa è fortemente eccitata da onde eteree di conveniente lunghezza, mentre le due altre specie di fibre non reagiscono che debolmente a questa eccitazione; insorge un colore misto, giallo, azzurro o bianco, quando sono eccitate in grado più o meno diverso due o tre fibre fondamentali. Il giallo, per esempio, sarebbe l'effetto di una modica eccitazione delle fibre rosse e verdi, debole delle violette ; l' azzurro invece sarebbe l' effetto di una modica eccitazione delle fibre verdi e violette, debole delle rosse ; il bianco invece sarebbe l' effetto di una contemporanea ed eguale eccitazione di tutte le tre specie di fibre

§ 83. *Azioni di contrasto e d'induzione.*

L'esperienza dimostra che due impressioni avute dalla retina da due oggetti preferibilmente vicini, possono reciprocamente influenzarsi, non per azione objettiva degli oggetti stessi, ma per peculiarità subjettiva della retina. Questo fatto dà luogo alle così dette *azioni di contrasto*, alle quali si potrebbero quindi ascrivere anche i fenomeni d'irradiazione studiati al § 76, quantochè il contrasto può riferirsi ad aumento o diminuzione dell'apparente chiarezza, ovvero a mo-

dificato giudizio intorno al grado di saturazione dei colori, ovvero finalmente ad insorgenza subjettiva di un colore essenzialmente diverso dal colore objettivo, purchè in ogni caso la sensazione si modifichi in senso opposto, come, per esempio, avverrebbe nella visione del colore complementare al colore objettivo. L'azione di contrasto è quindi una tale modificazione della sensazione, che non ha la sua origine in una modificazione fisica della retina, ma piuttosto in una comparazione delle impressioni luminose, epperò in un processo di apprezzamento.

Dalle azioni di contrasto devono andar distinte quelle, il cui studio fu inaugurato da Brücke, *di induzione dei colori*, che esprimono la possibilità della insorgenza subjettiva dei colori in regioni retiniche non objettivamente eccitate.

Il più bell' esempio di contrasto lo abbiamo nell' esperienza di Fechner, illuminando attraverso due fori in sipario un foglio di carta bianca con luce naturale per l' un foro, con luce di candela per l'altro. Interponendo un' asta, essa dovrà gettare due ombre, delle quali quella della luce diurna illuminata dalla rossastra fiamma, appare del suo giusto colore objettivo rosso-giallo, mentre invece l'ombra della fiamma illuminata dalla luce diurna non pare grigia (cioè bianca poco illuminata) ma azzurro-verde, epperò complementare del rosso-bianco della superficie della carta. Questa esperienza può essere variamente riprodotta, applicando vetri colorati al foro illuminato dalla fiamma e vedendo che la immagine dell' ombra assume sempre il colore complementare del piano di projezione. Si ha pure una dimostrazione del contrasto projettando su carta bianca l'ombra di candela accesa illuminata da luce diurna. Quest'ombra dovrebbe essere grigia, vale a dire bianca poco illuminata; appare invece verdognola od azzurrognola, evidentemente per la comparazione colla illuminazione rossastra della candela. Questa illuminazione noi la riteniamo bianca perchè siamo abituati a giudicar bianca la luce diffusa. Alterato in tal modo il nostro giudizio da ritener bianca la luce rossa, dobbiamo anche avere per azzurrognola la luce bianca. Evitando questo paragone mediante osservazione limitata dell'ombra con un tubo, essa appare grigia, mentre se applichiamo il tubo dopo aver già colla osservazione libera formulato il giudizio del coloramento azzurrognolo dell'ombra, questa continua a sembrarci azzurrognola (Fechner) tuttochè spenta anche la fiamma.

Il contrasto si dimostra assai bene anche colla ruota cromatica, perchè se si aggira un disco bianco con cinque settori verdi interrotti alla loro metà da piccoli segmenti neri, si ottiene una superficie verde-chiara con anello rossastro e non grigio.

Osservando ostie appicciate a carta bianca, si ha pure il contrasto in una zona complementare che circonda l'ostia. Vuolsi che per la osservazione fissa cangi facilmente il colore complementare in quello dell'ostia. Ciò non avviene pel mio occhio, se non quando fisso l'ostia attraverso ad un piccolo foro. In questo caso è raro che la zona sia complementare, ma mi appare subito del colore dell'ostia.

Senonchè, mentre Fechner riconosce che il subjettivo colore di contrasto è sempre complementare del colore objettivo, mentr' egli ammette che la eccitazione di una parte della retina con un colore determina la induzione del colore complementare sovra una parte della retina non eccitata, Brücke dissente su questo secondo punto da Fechner. Secondo Brücke, se in camera oscura si applica vetro colorato a pertugio di sipario ed interposto fra l'occhio e il vetro si osserva un disco nero, la cui immagine si projetti quindi nel campo retinico sul vetro colorato, vedesi verde il disco se il vetro è rosso, quindi eccitazione rossa periferica della retina ed induzione di color complementare nella parte centrale ombreggiata. Se invece il vetro è verde, allora il disco non appare rosso ma verde, vale a dire che il colore indotto nella retina ombreggiata è identico all' inducente.

Questi e molti altri analoghi fenomeni, la cui costanza fu impugnata da Helmholtz, sono quelli che danno luogo alla induzione dei colori, che Brücke interpreta diversamente dal contrasto.

Per spiegare i colori di contrasto che insorgono in campo bianco e grigio, Brücke ammette con Fechner ed Helmholtz, che lo stato di eccitazione della retina non corrisponda alla qualità del colore subjettivo, ma alla influenza della bianca luce objettiva, che determina un errore di giudizio, quale osservasi per la qualità di altre sensazioni, quali, ad esempio, quella di temperatura, per cui alla mano sembra fredda l'acqua a $+ 10^\circ$ quando prima era immersa in acqua a $+ 20^\circ$, mentre invece sembra calda se era prima immersa in acqua a $+ 5^\circ$. Nella stessa guisa quindi che noi non possiamo rappresentarci in modo assoluto nella mente il caldo ed il freddo, nella stessa guisa non è immutabile nè assoluta la rappresentazione che ci facciamo del bianco.

Osservando infatti la neve per lenti azzurre, ci sembra azzurra dapprima, ma poi ci appare bianca e solo ci accorgiamo della sua maggiore bianchezza dirigendo lo sguardo al dissopra della lente. Lo stesso ha luogo, secondo Brücke, nella retro citata sperienza di Fechner, quando l'ombra illuminata dalla luce diurna è projettata su carta arrossata dalla fiamma della candela, od inverdita da vetro verde. Quest'ombra ci appare verdognola nel primo caso, rossigna

nel secondo, vale a dire rispettivamente complementare del rossigno e del verdastro, perchè essendo falsato il nostro giudizio intorno al bianco, e ritenendo noi bianco ciò che è rossigno o verdastro, resta pure falsato il giudizio del bianco dell'ombra, nella quale mancando i raggi rossigni o verdastri e prevalendo quindi relativamente i raggi verdastri o rossigni, giudichiamo l'ombra verdastra o rossigna e quindi complementare al colore del sipario.

I colori complementari subjettivi di contrasto non dipendono quindi da un corrispondente stato di eccitazione della retina, ma dipendono soltanto dalla modificata unità di misura, colla quale il sensorio giudica ed interpreta le nude qualità delle sensazioni.

Questa spiegazione psicologica del contrasto, inaugurata da Fechner, sostenuta ed estesa da Helmholtz, non è applicata alla induzione da Brücke, il quale ammette in questo caso la falsa interpretazione psicologica di uno stato di eccitazione della retina determinato dalla luce objettiva, stato di eccitazione che mancherebbe invece nel caso precedente. Nella parte centrale della retina, ombreggiata dal disco nero, Brücke ammette debba esservi una positiva eccitazione corrispondente alla qualità del colore indotto, desumendola principalmente dal fatto, che i colori indotti sono suscettibili d'immagini postume complementarmente colorate. Diffatti, se dopo aver visto, colla retro citata sperienza di Brücke, verde, il disco nero projettato in campo retinico verde, chiudiamo gli occhi, vediamo rossa in campo nero la immagine postuma del disco. Il colore indotto determina quindi in questo caso una immagine postuma complementare, che manca invece pel colore inducente

Brücke non spiega però come avvenga questa eccitazione positiva della parte ombreggiata della retina nei fenomeni d'induzione, eccitazione positiva, che si potrebbe con Helmholtz ripetere da riflessione sul campo retinico nero, dalla cornea, dalla lente, dal vitreo e dal campo retinico illuminato.

Dicemmo al principio di questo §, come il contrasto, anzichè al colore, possa anche riferirsi alla chiarezza. Ogni campo visivo sembra più oscuro quando contrasta con campo chiaro e viceversa. Sappiamo inoltre come ci sembrino più grandi gli oggetti chiari in campo oscuro. Questi che noi già conosciamo come fenomeni d'irradiazione, specialmente quando non vi concorra la fallace accomodazione, possono entrare nella sfera generale dei fenomeni di contrasto, perchè non ispiegabili dalla chiarezza objettiva della immagine retinica, sibbene dal fallace giudizio sul grado maggiore di questa chiarezza per la oscurità del campo circostante.

§ 84. *Colori diversi nei due campi visivi.*

La visione contemporanea di un colore diverso per ciascun campo visivo, fatta mediante stereoscopio od interposizione di piano verticale fra i due occhi, può condurre ai seguenti effetti:

1.° Al rattempramento di uno dei colori. Su carta arancio fissiamo un'ostia rossa, interponendo agli occhi un sipario verticale. L'ostia ci sembra più sbiadita specialmente in confronto del rosso molto più intenso che acquista l'unica ostia che si vede, quando con assi ottici convergenti si fissano due ostie rosse sullo stesso piano e colla interposizione dello stesso sipario.

2.° I due diversi colori possono fondersi in un colore misto. Se si osservano infatti, col sipario in piano bianco, un' ostia verde ed una rossa, si vedono, a conveniente convergenza degli assi, sovrapporsi le ostie in modo, che, o appaja superiormente il verdognolo e il rosso al disotto, o viceversa.

3.° La formazione del color misto può mancare ed aversi invece la prevalenza dell'uno o dell'altro colore, ovvero i due colori possono alternamente sostituirsi nel campo.

§ 85. *Sensazione di splendore.*

Lo splendore è una sensazione speciale che danno le superficie riflettenti, al cospetto delle quali può prevalere o questa sensazione o quella invece delle immagini riflesse dalle superficie medesime. La riflessione deficente passa facilmente allo splendore, ed anche una superficie ordinaria può diventare splendente, quando venga rivestita da uno o più strati riflettenti, attraverso ai quali questa superficie traspare. Lo splendore naturale dei corpi dipende da una identica proprietà delle loro superficie.

Ne verrà, che due superficie per sè stesse non risplendenti, dovranno dare la sensazione di splendore ogni qualvolta nel riguardarle ci sembri che l'una si specchi nell'altra. Se infatti sovra piano orizzontale bianco e nero, si metta un colore (ostia) in campo nero ed un altro colore in campo bianco, e si facciano quindi coincidere i due colori mediante lamina vitrea (§ 81), si ottiene lo splendore, vale a dire non si vede tanto il color misto, quanto si vedono due colori, l'uno dietro l'altro, come se l'uno si riflettesse nell'altro.

Si ottiene lo stesso effetto collo stereoscopio, nel quale portando a sovrapporsi due campi limitati, diversamente colorati (bianco e nero) od anche dello stesso colore ma in diverso grado rischiarati,

non solo si ottiene la sensazione di splendore, ma, in coerenza colla visione stereoscopica, si vede a data distanza dall'occhio una superficie risplendente, ovvero sia una superficie colorata, nella quale si specchia della luce di colore diverso.

§ 86. *Eccitazione non eterea del nervo ottico.*

Benchè non adequati al nervo ottico, esso può essere eccitato anche da stimoli meccanici ed elettrici, e forse anche da termici e chimici, la cui azione però non venne per anco fino ad ora indagata. La eccitazione meccanica della retina o del nervo ottico, colla pressione, collo stiramento o col taglio, dà luogo in genere ad una sensazione di luce bianca, più raramente a quella di luce colorata. La sezione dell'ottico, virtualmente eguagliata dalla meccanica scossa di tutte o quasi tutte le sue fibre con un colpo all'occhio, dà una intensa ed istantanea sensazione di lampo in tutto il campo visivo.

La pressione laterale digitale del bulbo dà luogo ad una circoscritta e persistente sensazione di luce, che si estrinseca in un circolo luminoso in campo oscuro, posto apparentemente dal lato opposto al compresso e muoventesi in senso opposto a quello in cui si muove il dito. La oscurità della parte centrale della figura luminosa tiene probabilmente alla massima pressione subita dalla corrispondente retina, la quale paralizzandosi diventa o ineccitabile o inetta alla trasmissione della eccitazione.

Migranti punti o figure luminose, per lo più circolari, e assai variamente modificantisi nel loro colore, appajono, premendo il bulbo dall'avanti all'indietro, come avviene, ad esempio, di notte, volgendo la faccia all'origliere. Aumentando la pressione provano alcuni una sensazione come di scintille elettriche violette. Altri che hanno la sensazione di figure luminose irregolari, nelle quali sembra aver luogo una circolazione, l'attribuiscono alla pressione speciale esercitata sugli elementi retinici dagli iperemici vasi coroideali. Sembra del resto, che ciò avvenga anche indipendentemente dalla pressione sul bulbo, e che debbasi appunto alla iperemia dei vasi coroideali la sensazione di scintille o di trapassanti punti luminosi per pressione esercitata dai globuli sanguigni sugli elementi retinici affetti da eretismo, come di spesso avviene nell'incipiente glaucoma.

Anche il fosfeno che si verifica quando nella oscurità passiamo rapidamente dall'accomodazione vicina alla lontana e che si manifesta in esile orlo luminoso marginale del campo visivo, sembra dovuto,

secondo la interpretazione di Czermak, ad una trazione dell'ora serrata, pel riacquisto che fa la zonula della tensione che le è propria nell'occhio non accomodato alla visione vicina.

Il nervo ottico, più evidentemente di quello afferma Pflüger pei nervi motori (§ 54, I) manifesta essere in istato di eccitazione non solo all'aprirsi e chiudersi di una corrente voltiana, ma anche durante la chiusura della medesima, tuttochè non debolissima. La chiusura e l'apertura della corrente determina una istantanea sensazione di lampo in tutto il campo visivo, mentre durante la chiusura s'ingenera una varia figura luminosa, di colore diverso, a norma della direzione ascendente o discendente della corrente. Per avere la sensazione lampeggiante di apertura e chiusura basta una corrente debolissima e per occhio eccitabile basta l'applicazione al medesimo di una lamina inumidita di metallo positivo, e il tocco della lingua col metallo negativo, o viceversa, ben inteso però che i due metalli sieno fra loro in comunicazione. L'effetto è maggiore con debole corrente voltiana. Vedesi allora che a corrente ascendente, dalla retina al cervello, è più vivido il lampo di chiusura, quello di apertura invece a corrente discendente. Per alcuni occhi varia anche il colore del lampo, che sarebbe azzurro-verdastro nel primo caso, giallo-rosso nel secondo.

Per ottenere l'effetto proprio della persistente chiusura del circuito si esigono correnti alquanto più forti e i risultati ottenuti dai diversi osservatori, per rispetto alla intensità ed al colore della luce che s'ingenera a norma della direzione della corrente, sono troppo varii ed incostanti, perchè valga la pena di descriverli e molto meno ancora di ipoteticamente interpretarli.

§ 87. *Intensità della sensazione visiva.*

La intensità della sensazione visiva dipende dalla intensità luminosa. La sensazione manca ad un dato minimo d' intensità, cresce con essa fino ad un certo grado, oltre il quale insorge la più o meno molesta sensazione abbagliante, tanto più facile ad insorgere, quanto più uso l'occhio a modica intensità luminosa.

Le determinazioni di Aubert lo hanno condotto a stabilire, che la minima intensità luminosa, compatibile colla sensazione di luce in una parte dell'oscuro campo visivo, è eguale alla illuminazione di una superficie bianca per opera di un quadrato campo del cielo a 41 secondi di lato (1 mill. a 5 metri di distanza dà un angolo di 41 secondi) che corrisponderebbe, secondo Aubert, ad un milionesimo della ordinaria luce diurna.

La facoltà di distinguere la intensità luminosa di un dato colore è assai fina e può essere raffinata coll'esercizio. La distinzione è più facile quando gli oggetti comparandi essendo vicini, possiamo dirigere alternamente le linee visive sull'uno e sull'altro, e far colpire per tal modo alternativamente dall'uno e dall'altro gli stessi punti retinici. È un processo analogo a quello per cui misuriamo col tatto i diversi gradi di pressione. La comparazione è meno sicura ed esatta quando le immagini di due oggetti comparandi si formano contemporaneamente sovra due diverse regioni della retina, già pel motivo del vario grado di eccitabilità regionale della medesima. La stessa fiamma ci sembra più intensa se osservata, di quel che ci sembri se veduta di sbieco, perchè nei due casi sono rispettivamente impressionate la più e meno eccitabile regione retinica. Le sensazioni abbaglianti vengono meglio tollerate dalle regioni periferiche, che non dalla regione assile della retina. A pari intensità luminosa, la sensazione è più forte, quant'è più estesa la colpita regione retinica, epperò, quanto è maggiore il numero delle eccitate fibre terminali della retina. Essendo ora più stipati nella regione assile i suoi elementi eccitabili, dovranno quivi, a pari ed anche a minore estensione, essere più intense le sensazioni. Nè il fatto osservato dagli astronomi, che le stelle poco luminose vengono meglio vedute colle regioni periferiche anzichè colle assili, vale a contraddire a questo principio, poichè, se la regione assile è la più impressionabile, è pur quella più facile a stancarsi, anche per l'uso continuo che ne facciamo nella ordinaria visione, motivo per cui diventa più presto ineccitabile da scarsa luce. Aubert del resto ha pur confermata, colla comparazione delle immagini postume, la più squisita eccitabilità della regione assile, dimostrando che le immagini postume vanno perdendo di intensità e di durata mano mano che insorgono dalla regione assile verso regioni più periferiche della retina.

Rispetto alla intensità (luminosa) dello stimolo, le sensazioni visive non hanno multipli netti, ma in accordo colla legge psicofisica di Fechner (§ 28) ci avvertono solo che una fonte luminosa è più o meno intensa di un'altra. Ai più svariati gradi d'intensità luminosa l'ancor distinguibile differenza di essa, forma presso a poco la stessa frazione d'intensità, che oscilla, secondo Fechner, fra $^1/_{50}$ ed $^1/_{100}$ e che può arrivare, secondo Helmholtz, perfino ad $^1/_{167}$. Per giungere a queste determinazioni si proposero varii metodi fotometrici, fra i quali il più semplice è quello basato sul principio della evanescenza dell'ombra col decrescere dell'intensità luminosa. Se in ambiente oscuro projettiamo su piano bianco due ombre di

un corpo illuminato da due candele, queste due ombre saranno illuminate reciprocamente dalle due fiamme. Se ora si allontana una candela, sarà meno illuminata l'ombra projettata dall'altra candela e si potrà facilmente ritrovare quella distanza in cui questa diminuzione d'intensità dell'ombra incomincia a farsi sensibile. Come poi la intensità luminosa è inversamente proporzionale al quadrato della distanza della fonte luminosa dal piano di projezione, così si può determinare quale sia quella minima differenza d'intensità che l'occhio può ancora rilevare.

È però a notarsi che una tale determinazione diminuisce o perde affatto il suo valore a fortissime o debolissime intensità luminose. Le prime, perchè riescono sempre abbaglianti; le seconde, perchè difficilmente sceverabili dagli effetti di una sensibilità luminosa (pulviscolo luminoso) della retina anche a perfetta oscurità, sensibilità luminosa che si attribuisce ad una eccitazione meccanica della retina stessa per tensione degli umori endoculari. Volkmann ha anzi valutata fotometricamente questa luminosità propria della retina, proporzionandola colla luce di una candela riflessa da una superficie nera e determinandola eguale a quella di questa superficie illuminata dalla candela alla distanza di circa 3 metri.

È pure ad osservarsi che la intensità relativa della sensazione non dipende soltanto dalla intensità della luce, ma anche dalla sua qualità, o colore, o durata delle vibrazioni eteree, poichè i raggi più rifrangibili sembrano, a forte luce, più languidi dei meno rifrangibili e viceversa questi, a debole luce, più languidi dei più rifrangibili. A vivida luce del giorno l'azzurro ed il violetto ci sembrano sbiaditi in confronto del rosso e del giallo, mentre invece sul far della sera, sembra già nero il rosso, quando sono ancora rilevabili l'azzurro ed il violetto.

La chiarezza degli oggetti non si modifica in genere, a luce ordinaria, quando li osserviamo con amendue gli occhi o con un occhio solo. A fioca luce invece possiamo leggere ancora con due occhi, non con uno, e due occhi risentono più presto la luce abbagliante che non uno solo.

Per determinare, a scopo di oftalmologia pratica, il grado a cui ascende la facoltà di distinguere la intensità luminosa, giova un disco nero, al di dietro di un bianco più grande e fenestrato in modo, che del retrostante disco nero non appaja che un piccolo settore. Roteando i due dischi, si vede un anello bianco, che limita la periferia di un centrale spazio circolare grigio. L'occhio normale distingue l'anello bianco dal disco grigio quando la superficie del settore nero importa da $1/_{60}$ ad $1/_{80}$ della superficie

totale del disco nero, il quale può essere anche invaginato nel bianco.

Se la intensità della luce, che colpisce la retina, supera un certo massimo, si ha la molesta ed anche dolorosa sensazione dell'*abbagliamento*, la quale sta colle sensazioni non abbaglianti in rapporto analogo a quello, in cui, nel campo del senso generale, sta il dolore col senso di pressione o di temperatura. Prevale cioè la molestia subjettiva della sensazione a' suoi effetti objettivi. Il grado di luce a cui ha luogo la sensazione abbagliante varia colla sensibilità della retina. Diminuisce se il nervo ottico è uso ad un relativo riposo, come avviene quando dopo protratta dimora in ambiente oscuro, passiamo ad una luce anche modica, la quale però dopo qualche istante cessa di riuscirci molesta.

A pari intensità, l'eccitazione luminosa continua agisce meno abbagliando della intermittente, perchè la continua attutisce a poco a poco la sensibilità, mentre nella intermittente il nervo si rimette ad ogni pausa. Fissando la bianca parete illuminata da un sole estivo, si ottiene una sensazione molto più abbagliante quando si passi ripetutamente e rapidamente al davanti degli occhi colla propria mano. Helmholtz ha dimostrato che in genere tutte le sensazioni intermittenti, come avviene anche della dissonanza, riportano il carattere della molestia.

La distinzione della intensità luminosa, mediante la vista, non è più possibile oltre certi limiti d'intensità massima e minima. Nessuno rileva ad occhio nudo le macchie solari, che riescono invece rilevabili con vetri capaci di moderare la intensità luminosa del sole, e che cessano pure di essere rilevabili quando la oscurità dei vetri interposti sia tale, da ridurre ad un minimo grado la intensità luminosa. Il limite massimo è causato evidentemente dalla impossibilità di rendere più intensa la sensazione, per cui riesce impossibile col mezzo di essa, che ha già raggiunto il massimo d'intensità, distinguere due diverse intensità luminose, che superano il limite massimo a cui è ancora possibile la distinzione. Per opposta ragione, per quella cioè di non potersi rattenuare la sensazione minima, dobbiamo avere un limite minimo di distinzione della intensità luminosa. È però a notarsi, che anche pei gradi intermedii vi hanno circostanze capaci di influenzare la finezza della distinzione. Così, per esempio, nella comparazione di due ombre, la distinzione della intensità luminosa è maggiore, quando muovendo i lumi, si muovono anche le ombre, di quello che quando queste sono immobili. Anche la maggiore estensione della superficie eccitata concorre ad aumentare la facoltà di distinguere la intensità luminosa.

La influenza per noi osservata in questo e nel § 80 del diverso grado d'intensità luminosa sulla distinzione dei colori semplici, dispiegasi pure

su quella dei misti. Così, per esempio, il bianco risultante dalla miscela dell'azzurro e del giallo, a poca intensità luminosa trae piuttosto all'azzurro, al giallo invece a molta intensità luminosa. I pittori seguono questa norma, inclinando al giallo la luce solare, all'azzurro la lunare.

Anche i colori semplici mostrano qualche cosa di analogo nella tendenza che a luce intensa hanno il rosso e il verde al giallastro, e l'azzurro al biancastro per la insorgenza del giallo. Questi fenomeni sono spiegabili colla ipotesi di Young, la quale ammette che ognuna delle tre ipotetiche fibre è eccitabile in grado assai vario da ogni specie di luce e che per ogni fibra la intensità della sensazione è una funzione diversa della intensità luminosa, per modo, che a crescente intensità luminosa la intensità della sensazione cresce dapprima più celeremente, poi più lentamente nelle fibre violette, che nelle verdi, e in queste più che nelle rosse. Per spiegare su questa base un esempio: a poca intensità luminosa il verde spettrale dovrà apparire verde puro, perchè eccita fortemente le fibre verdi, debolmente le violette e le rosse; a crescente intensità luminosa si farà considerevole anche la eccitazione delle altre fibre, specialmente quando la eccitazione delle verdi ha raggiunto il suo non aumentabile massimo e quando quindi va ancora crescendo la eccitazione delle altre. Come poi, secondo la stessa ipotesi, a certi gradi d'intensità luminosa, la sensazione delle fibre rosse cresce più celeremente di quella delle fibre verdi, così la sensazione dovrà tendere dapprima al giallo e poi al bianco quando si avvicina al suo massimo anche la sensazione delle fibre violette.

§ 88. *Rapporti cronologici delle sensazioni visive.*

Come per ogni altro nervo, così per il nervo ottico intercede un tempo fra la sua eccitazione periferica e la insorgenza del processo senso-percettivo, e si esige pure una certa durata della eccitazione perchè se ne possa avere una sensazione di determinata intensità. Su questa seconda esigenza furono fatte delle interessanti osservazioni da Vierordt, il quale, applicando un proprio apparecchio, ha potuto stabilire il minimo tempo necessario perchè una eccitazione d'intensità debole, ma conosciuta, desti una distinta sensazione di colore. Al di sotto di questo tempo la sensazione, o manca affatto, o a maggiore durata della eccitazione si ha soltanto una sensazione luminosa, ma non una sensazione di colore.

Quest'ultima non ha luogo che ad eccitazione di maggiore durata, crescendo la quale, colla persistente contemplazione, può diminuire quella intensità dello stimolo, che sarebbe altrimenti necessaria per destare una minima sensazione di colore.

Per ciò che riguarda la minima durata necessaria della eccitazione per ottenere la sensazione, Exner ha stabilito, che coll'au-

mento geometrico della intensità dello stimolo diminuisce in progressione aritmetica il suo tempo d'azione, per modo che ad una

Intensità luminosa		si esige una durata di eccitazione in minuti secondi		
Intensità luminosa	1	si esige una durata di eccitazione in minuti secondi	=	0,287
»	2	»	»	0,246
»	4	»	»	0,200
»	8	»	»	0,151

Le seguenti cifre di Vierordt indicano, quanto debba crescere la intensità relativa dello stimolo, a data durata di esso, per avere una distinta sensazione di colore.

Durata dello stimolo in minuti secondi	0,0029	0,0036	0,0048	0,0072	0,0144
Intensità relativa dello stimolo	343	259	145	81	36

§ 89. *Sensazioni postume.*

Sono sensazioni visive postume quelle che sopravvivono per qualche tempo alla durata dello stimolo. Il più comune esempio lo abbiamo trascorrendo rapidamente al davanti degli occhi un tizzone ardente. Se non vi fosse la sensazione postuma, dovremmo vedere i singoli spostamenti del tizzone in tanti punti luminosi, quanti sono gli elementi retinici che il tizzone va eccitando nel suo progressivo movimento. Come però ogni elemento ed ogni gruppo di elementi eccitati è capace di una sensazione postuma, così, quando il movimento del tizzone sia fatto con tale celerità, che la eccitazione di un secondo gruppo di elementi avvenga, quando non è ancora cessata la sensazione postuma destata dalla eccitazione di un primo gruppo e così via, in allora, invece di avere la sensazione di tanti punti luminosi corrispondenti ai singoli spostamenti del tizzone, dovremo avere la sensazione di una non interrotta zona luminosa. Sullo stesso principio è fondata la costruzione dei dischi cromatici, che danno i colori misti, con intensità luminosa corrispondente presso a poco a quella, che avrebbe una vera ed immediata miscela di luce objettiva.

Col mezzo dei dischi cromatici si può anche determinare la estensione di tempo, nel volgere del quale la eccitazione della retina è presso a poco uniforme, quando si misuri quella velocità di rotazione, alla quale corrisponde una sensazione uniforme. Le determinazioni fatte a questo proposito da Plateau e da Helmholtz fanno variare questo tempo fra $^1/_{50}$ ed $^1/_{30}$ di minuto secondo. Esso diminuisce coll'aumento della intensità luminosa, d'onde consegue che la eccitazione retinica diminuisce tanto più prestamente nella sua intensità, quanto più forte è lo stimolo, col crescere del quale

aumenta invece la complessiva durata della eccitazione. Gli stimoli più intensi dovranno quindi dar sempre anche delle immagini postume più durature.

La sensazione postuma però non si limita ad una breve sopravvivenza della sensazione allo stimolo, dando luogo ad una immagine postuma, che dalla sua origine potremmo dire *objettiva*, ma si estende in una serie complicata di fenomeni, che insorgono tanto ad occhi chiusi, quanto per successiva azione di nuova luce objettiva, i quali non sono tanto facilmente, come quelli della sensazione postuma objettiva, derivabili dal protrarsi della eccitazione oltre l'azione dello stimolo. Questi fenomeni successivi alla immagine postuma objettiva, danno luogo alla immagine postuma *subjettiva*, che si distingue dalla objettiva in parte pel colore, in parte per la distribuzione del chiaro-scuro. Quanto al colore, può essere identico o complementare a quello dell'oggetto; quanto alla distribuzione del chiaro-scuro, le immagini postume subjettive si possono distinguere come nella fotografia, in *positive* o *negative* a seconda che i chiaro-scuri si corrispondono o s'invertono nell'immagine rispetto all'oggetto. Ora, tutti questi fenomeni postumi, derivabili in parte da sopravvivenza di eccitazione, in parte da eccitabilità dell'ottico modificata dallo stimolo precedente per uno stimolo successivo, avvengono ed anche si alternano con un ordine abbastanza determinato. Brücke, per esempio, ha osservato, che eccitando la retina con intensa luce colorata e chiudendo quindi gli occhi, si ha dapprima e quasi immediatamente allo spegnersi della immagine postuma objettiva una immagine postuma subjettiva, generalmente momentanea, positiva e complementare; poi una pausa; poi un'immagine postuma positiva dello stesso colore; poi una negativa complementare, poi ancora una positiva dello stesso colore e così via, fino a tanto che la serie si chiude con una evanescente immagine negativa complementare.

È quindi in complesso un regolare alternarsi d'immagini positive identiche e negative complementari, che tanto più facilmente si avvera, quanto più favorevole è il concorso di alcune determinate circostanze. Così, la insorgenza della immagine positiva è tanto più facile, chiara e persistente, quanto più lo stimolo è intenso e breve. La contemplazione del sole per $1/_8''$ e la istantanea scarica elettrica, danno una immagine postuma positiva che dura per varii secondi. La chiarezza e durata delle immagini negative crescono pure colla intensità dello stimolo, ma anche colla sua durata. Osservando una fiamma rossa per $1/_8''$ la immagine positiva dura più a lungo nell'occhio chiuso e svanisce anche senza passare alla ne-

gativa. Protraendo invece per varii secondi la contemplazione della fiamma, la immagine positiva è meno chiara e svanisce presto, dando luogo ad una distinta e persistente immagine negativa. La insorgenza e la distinzione della immagine negativa viene favorita dalla chiarezza. Basta volgere l'occhio chiuso al chiarore intenso perchè, per la scarsa luce che passa attraverso le palpebre, la immagine positiva, si cangi in negativa, che togliendo la luce, può ridiventare positiva quando lo stato di eccitazione della retina che la determina mantenga una conveniente intensità. Pare quindi che l'alternarsi delle immagini positive e negative non tenga ad una spontanea alternanza di fasi, nel senso almeno di Plateau, che inerendo alla teoria della ondulazione luminosa, la paragona all'alternarsi delle elevazioni e delle depressioni delle onde, ma tenga invece ad una variazione delle condizioni esterne, fra cui specialmente la intensità luminosa, la pressione sull' occhio e così via. I movimenti della testa, per esempio, fanno svanire facilmente le immagini postume, e quelle che già svaniscono senza questa causa, generalmente ricompajono spontaneamente più sbiadite, per scomparire di nuovo e qualche volta ricomparire.

È interessante il contegno delle sensazioni postume a luce bianca. Qui non si possono avere immagini postume complementari, e mentre la immagine positiva non appare veramente incolora che ad eccitazione debole, presenta invece ad eccitazione forte, negli occhi chiusi, il passaggio a diversi colori, prima di dar luogo alla immagine negativa oscura in campo chiaro. Osservando carta bianca, illuminata dal sole, in fondo nero, od osservando lo stesso sole, e chiudendo quindi completamente gli occhi alla luce esterna, appare, secondo Fechner, dapprima una presto evanescente immagine postuma bianca, poi azzurra orlata violetto, poi verde orlata rosso-giallo, poi rosso-gialla o rosso-scura orlata azzurro-verdastro, poi finalmente azzurro-scura od azzurro-verde. Secondo Brücke, si succederebbero nella immagine positiva il verde-chiaro o l' azzurro-chiaro orlato rosso od arancio, l'azzurro, il violetto e il rosso-scuro, con successiva immagine negativa oscura in campo chiaro. Osservando insistentemente per la finestra un cielo splendente e chiudendo gli occhi, si ha l'immagine postuma azzurra dei vetri, sui quali si designano oscuramente le armature, con passaggio all' azzurro, violetto e rosso e successiva immagine negativa di armatura chiara in campo oscuro.

Analogamente alla immagine postuma dell'intensa luce bianca si contiene quella della scintilla elettrica, in quanto vi ha prima una immagine positiva, poi negativa, colla stessa serie di variazioni di colore che si hanno nella immagine postuma del sole.

Destatasi negli occhi chiusi una immagine postuma, essa continua, aprendo gli occhi, immutata o mutata, a seconda della fase in cui era ad occhi chiusi e della quantità e qualità di luce a cui esponiamo gli occhi aperti. Mirando in fondo bianco un' ostia azzurra o rossa e deviando alquanto lo sguardo, vediamo projettata sullo stesso fondo la immagine postuma complementare gialla o verde. Mirando un oggetto verde in campo bianco, la sua immagine postuma appare rossa più chiara del fondo, ovvero bianca e rossa, ma sempre più chiara del fondo, se l'oggetto verde viene osservato in fondo verde o rosso. Vedendolo invece in fondo nero, la sua immagine postuma è pure rossa, ma più oscura del fondo, epperò in ciascuno di questi casi la immagine postuma è sempre negativa. Se su fondo bianco fissiamo un oggetto verde in campo rosso, le immagini postume appajono rispettivamente coi colori complementari, quindi oggetto rosso in campo verde più chiaro del fondo bianco, quindi negative.

Brücke ha dimostrato i rapporti che passano fra queste immagini postume negative ad occhi aperti e quelle che s' ingenerano ad occhi chiusi, poichè se in seguito alla contemplazione di un oggetto colorato insorge negli occhi chiusi una immagine negativa complementare, questa, aprendo gli occhi, diventa più decisamente negativa nel senso, che le parti prima chiare si fanno più chiare. Se invece si aprono gli occhi nel momento in cui si ha l' immagine postuma positiva, questa si cambia in negativa, con un colore complementare a quello della immagine positiva che avevasi ad occhi chiusi. Ad oggetti colorati, l'ultimo colore dell' immagine diventata negativa è complementare anche coll' oggetto, poichè vedemmo che la immagine positiva ad occhi chiusi è colorata identicamente al medesimo. Ad oggetti bianchi invece, il colore dell' immagine postuma negativa projettata in fondo bianco, dipende unicamente dal colore della immagine postuma positiva, non dal colore dell'oggetto. Mirando il sole ed aprendo gli occhi nelle fasi azzurra o verde della immagine positiva, si ottiene la projezione in fondo bianco di una immagine negativa rispettivamente gialla o rossa.

Le immagini postume, per le quali sono diversamente sensibili, ma anche però educabili i diversi occhi, seguono ogni movimento di questi ultimi e della testa. Coprono sempre nel campo visivo l'oggetto che projetta la sua immagine in quella stessa parte di retina in cui esse insorsero. Insorte una volta per diretta fissazione di un oggetto, restano ad ogni variata direzione degli occhi nel punto di fissazione. Quando nascono in parti laterali della retina si cerca spesso involontariamente ricondurle sulla linea visiva, roteando

gli occhi verso esse, che naturalmente avanzano nello stesso senso, dominate da un apparente movimento. Se, tenendo ritta la testa, si determina la immagine postuma di una chiara linea verticale e si piega quindi la testa, anche la immagine postuma s' inclina nello stesso senso, purchè non sia modificata la sua posizione da eventuali rotazioni dei bulbi. È per questa ragione che le immagini postume diventano un mezzo eccellente per controllare queste rotazioni. La distinzione delle immagini postume è tanto maggiore quanto più e meglio l'oggetto è fissato. A deficente accomodazione o fissazione, o a luce irregolarmente diffusa nell'occhio, i loro margini si fanno sbiaditi.

Per la spiegazione dei diversi fenomeni relativi alle immagini postume, fu avanzata da Plàteau una teoria, che fu quindi abbandonata e sostituita da quella di Fechner.

La teoria di Plateau può essere essenzialmente riassunta come segue. Tutti i fenomeni postumi sono la espressione del passaggio della retina dallo stato di eccitazione indotta dallo stimolo, allo stato di riposo. Nel volgere di questo periodo lo stato di eccitazione non diminuisce progressivamente, ma la retina assume uno *stato oscillatorio*, durante il quale si alternano, a brevissimi intervalli, una fase positiva ed una fase negativa in senso diverso da quello di Brücke. Una immagine postuma dello stesso colore dell'oggetto corrisponderebbe alla fase positiva, mentre invece una immagine postuma di colore complementare corrisponderebbe alla fase negativa, indotta da uno stato opposto, che la retina assume al cessare dello stimolo o al cessare della fase positiva. Non può entrare nel nostro còmpito un più dettagliato sviluppo della teoria di Plateau, che trova un principale ostacolo nella da lui trascurata spiegazione della immagine complementare positiva nel senso di Brücke.

La teoria di Fechner interpreta invece le immagini postume positive, quali espressioni della persistenza dello stato di eccitazione della retina indotto dallo stimolo primitivo; le negative, quali effetti di modificata eccitabilità per stanchezza della retina. Benchè s'intenda facilmente con questa teoria la derivazione dell'immagine postuma positiva dalla persistente eccitazione della retina, pure non resta spiegato il fenomeno della variazione dei colori della immagine postuma positiva di un oggetto bianco. Secondo Helmholtz, queste variazioni dipendono da una ineguale durata postuma delle sensazioni cromatiche elementari, dalle quali noi desumiamo la sensazione del bianco. Partendo infatti dalla ipotesi di Young, che nella sensazione del bianco sieno contemporaneamente eccitate le tre supposte fibre elementari prevalentemente sensibili al rosso, al verde

ed al violetto, il succedersi dei diversi colori delle immagini postume positive dipenderebbe, secondo Helmholtz, da ciò: che la eccitazione diminuisce dapprima rapidamente, poi lentamente per le fibre rosse, che sono le ultime a perderla, mentre nelle verdi, che la perdono per le prime, diminuisce lentamente dapprima poi rapidamente, e le violette si mantengono fra le due, motivo per cui dovrà venirne una successione d' immagini postume positive verdi, violette e rosse. Arrogi che le tre ipotetiche fibre si stancherebbero anche in diverso grado pel medesimo stimolo, come avverrebbe di vedere nelle tarde fasi dell' immagine postuma di oggetti bianchi ad occhi chiusi quando sta per avvicinarsi la fase negativa, e nei fenomeni cromatici, che insorgono già durante la contemplazione degli oggetti bianchi e che sono da Fechner giustamente attribuiti alla non coincidenza di uno stesso grado di stanchezza per i colori contenuti nel bianco. La concorrenza della stanchezza a spiegare le variazioni di colore delle immagini postume del bianco, coincide colla stessa concorrenza sua alla spiegazione delle immagini postume negative. Poichè i variopinti orli, che nelle diverse sue fasi circondano la postuma immagine colorata del sole, dipendono da una diversa celerità di decorso delle singole fasi nelle parti centrali e periferiche della immagine postuma, e questa da una diversa intensità con cui la retina è illuminata al centro ed alla periferia di quella sua parte che comprende la immagine solare. La deficenza dell'accomodazione, la oscillazione dello sguardo abbagliato, la diffusione di luce nei paraggi della immagine per le aberrazioni diottriche, sono le cause di questa differenza, la quale fa sì, che decorrendo le fasi tanto più lentamente, quanto più intenso fu lo stimolo, debbano gli orli della immagine postuma del sole precedere nelle loro fasi la parte centrale, senza ommettere di osservare, che la minore stanchezza della retina alla periferia, induce delle modificazioni nella successione dei colori.

Per ciò che spetta alla immagine postuma negativa, prescindendo dai colori, si comprende facilmente come possa essere effetto di stanchezza il negativarsi di una immagine positiva al projettarsi di questa in piano chiaro, epperò sotto l'azione di bianca luce objettiva. Fissando persistentemente un oggetto chiaro in campo scuro, prima della retina corrispondente al campo si stanca quella corrispondente all'oggetto, per cui, se dopo riguardiamo in campo chiaro, le parti stanche della retina vengono meno eccitate delle parti non stanche, d' onde la immagine postuma negativa dell' oggetto. Fissando opportunamente carta nera in campo grigio e levandola con celerità, appare in suo luogo la immagine postuma

negativa chiara, perchè le corrispondenti parti di retina sono meno stanche di quelle che fissavano il campo. Colla teoria della stanchezza spiegasi pure come avvenga che una immagine positiva ad occhi chiusi, diventi negativa all'aprirsi degli occhi e in certi limiti, tanto più distinta, quant'è più chiara la luce. Nella parte di retina invasa dalla immagine postuma si sommano gli effetti della eccitazione primitiva e della nuova luce incidente, quest'ultima però tanto diminuita dalla stanchezza, da prevalere ancora su questa somma la eccitazione luminosa nelle parti della retina circostanti alla immagine. Se invece la immagine positiva era molto chiara e molto debole la luce, in allora continua a restar positiva, perchè la grande chiarezza della immagine postuma compensa in questo caso la relativamente piccola perdita indotta dalla stanchezza. Fechner ha pur cercato di derivare dalla stanchezza le immagini postume negative ad occhi chiusi. La retina eccitata sempre dalla luce propria (polvere o nebbia luminosa) lo è nei diversi individui con varia intensità, che può anche diventare assai considerevole ad eccitabilità morbosa dell'occhio, e che può perfino subire degli spostamenti isocroni colla respirazione. Ora, secondo Fechner, la luce propria agirebbe ad occhi chiusi, come agisce la luce objettiva ad occhi aperti nella determinazione delle immagini postume negative, le quali ad occhi chiusi dipenderebbero dalla diminuita reazione della retina (stancata dallo stimolo primitivo e dalla sua continuazione in immagine postuma positiva) verso lo stimolo interno che determina la luce propria, cosicchè questa sarebbe meno chiara di quella che agisce intorno all'immagine sovra parti non stanche. Che infatti la luce propria insorga per sconosciuta eccitazione centrale o periferica dell'occhio è tanto accertabile, quanto lo è, che una parte di retina stancata dalla luce esterna, mostrasi meno sensibile sì a questa che alla luce interna. Dovrà quindi nascere la trasformazione della immagine positiva in negativa ad occhi chiusi, tostochè la somma della chiarezza della immagine positiva e di quella della luce propria, diminuita dalla stanchezza, sia minore della chiarezza della luce propria nelle non stanche parti della retina. Se per qualsiasi causa sopraggiunga una diminuzione della luce propria, in allora, a persistente eccitazione dello stimolo primitivo, può ancora, nel posto della negativa, sostituirsi la immagine postuma positiva.

Fechner, chiamando in ajuto l'ipotesi di Young, spiega colla stanchezza anche il colore complementare delle immagini negative degli oggetti colorati o di quelle che derivano da immagini postume positive colorate di oggetti bianchi all'azione di luce bianca. Fissato infatti un oggetto rosso, la retina si stanca pei raggi rossi,

mentre invece non si stanca per i suoi complementari, per cui, se colpita da luce bianca, resta insensibile ai contenutivi raggi rossi, restando invece sensibilissima a' suoi complementari, che soli risente. Tradotta questa spiegazione coll' ipotesi di Young, i raggi rossi stancano le fibre rosse, meno le verdi, meno ancora le violette. Se in questo stato la retina è colpita da luce bianca, le fibre rosse non sono o sono poco eccitate; lo sono invece fortemente le verdi e le violette, d'onde la risultante sensazione di azzurro-verde, epperò una immagine negativa di questo colore per fissazione di oggetto rosso in campo bianco. Nello stesso modo si spiegano i colori della immagine postuma di un oggetto colorato in campo colorato. Se il colore del campo è complementare a quello dell'oggetto fissato (azzurro-verde in campo rosso) allora il colore del campo appare più carico in quella parte di retina in cui esisteva la immagine postuma, perchè non previamente stancata dai raggi rossi. Se il colore del campo sul quale projettiamo la immagine postuma di un oggetto non è complementare al colore del medesimo, in allora, nella parte di retina occupata dalla immagine, scompajono sempre quei componenti del colore del campo, che predominano nel colore dell'oggetto e pei quali la retina è già stanca. La immagine postuma di un oggetto verde appare rosso-gialla in campo giallo; il giallo può considerarsi composto di rosso-verde, e siccome l'oggetto verde ha stancato più le fibre verdi che le rosse, così il campo giallo dovrà avvicinarsi al rosso. Per spiegare con questo stesso principio il coloramento complementare delle immagini postume negative ad occhi chiusi, bisogna ammettere, che in causa della stanchezza avvenga una analoga scomposizione della luce propria in componenti percepiti e non percepiti, attalchè, per esempio, la immagine postuma negativa di un oggetto rosso, diventa azzurro-verde ad occhi chiusi, perchè gli sconosciuti stimoli interni non eccitano o eccitano debolmente le fibre rosse, fortemente invece le non esauste fibre verdi e violette.

Combattendo le obbiezioni mosse alla teoria di Fechner, Helmholtz ne ha sostenuta la validità, dimostrando pure, che non a deficenza di essa, ma ad altre cause devesi, se non tutti i fenomeni relativi alle immagini postume sono da essa spiegabili. Quanto alla principale obbiezione di Brücke, che la teoria di Fechner non spiega la immagine postuma positiva e complementare conseguente allo spegnersi dello stimolo, Helmholtz risponde osservando, che le immagini positive degli oggetti colorati, al loro svanire, perdono dapprima i colori prevalenti, per cui si identificano alle immagini postume degli oggetti bianchi: che quindi vi appare il colore complementare del-

l'immagine negativa, ma meno saturo e più commisto al bianco od al grigio, che nella vera immagine negativa, e solo distintamente visibile in causa del contrasto col colore primitivo precedentemente veduto. Helmholtz ritiene quindi che queste immagini complementari positive di passaggio alla immagine negativa dipendano dal sovrapporsi della immagine positiva divenuta biancastra sulla sviluppantesi immagine negativa complementare.

Sul principio della sensazione visiva postuma è basata la costruzione dei dischi stroboscopici, che si applicano anche in fisiologia per la dimostrazione di alcuni movimenti, quale, ad esempio, quello dei nemaspermi e del cuore.

Quanto sia breve il tempo di eccitazione che occorre per indurre la sensazione postuma, purchè la eccitazione stessa abbia una certa intensità, lo dimostra il fatto, che la scintilla elettrica, malgrado la sua durata istantanea, non porta solo la sensazione attuale, ma anche la postuma.

La sensazione postuma è tanto più intensa e duratura, quanto più forte è lo stimolo od eccitabile il nervo. Ha pure influenza la qualità della luce, essendo più facili le sensazioni postume a mista luce bianca, meno facili a luce gialla, più difficili a luce azzurra o violetta.

È naturale il chiedere, perchè la visione non sia disturbata dalle sensazioni postume? 1.° Perchè la durata e la intensità dell'azione postuma si prolunga e diventa sensibile soltanto a stimoli luminosi relativamente intensi e a nervo ottico non stanco. 2.° Perchè sulle immagini postume deboli prevalgono le più forti azioni objettive, che immediatamente succedono a quelle da cui è derivata l'azione postuma. Ci vuole infatti un certo esercizio ed una certa attenzione per rilevare la immagine postuma dello stesso sole abbagliante, esercizio ed attenzione che può realmente condurre a un perturbante riconoscimento di immagini postume anche assai deboli.

V. — Objettivamento visivo.

§ 90. *Cose generali.*

Secondo una bella comparazione di Funke, le sensazioni di luce e di colore stanno alla vera e sommaria attività della visione, come al vivente linguaggio stanno i morti suoi segni. Le sensazioni di luce e di colore sono i segni del linguaggio, con cui l'ambiente parla all'animale mediante le fibre ottiche, ma non sono il linguaggio medesimo. Essi non hanno valore se non in quanto si trasformano in quest'ultimo, se non in quanto, cioè, la sensazione di luce e di colore si trasforma nel *vedere*. Questo non è quella, poichè se quella sola come tale esistesse, noi la rileveremmo soltanto quale

intima e subjettiva condizione di noi, senza estrinsecarla nel giudizio della qualità e dei rapporti di ubicazione degli oggetti esterni. Perchè questo avvenga, la sensazione visiva deve essere objettivata e riferita all'esterno colla concorrenza di due potenti ausiliarii, che vedemmo pure in azione nel tatto, così analogo alla vista nella sua attività, e che sono il *senso muscolare* ed il *giudizio di località*.

Il senso muscolare emergente dalla mobilità del bulbo, per contrazione de' suoi muscoli, ci avverte della direzione e della estensione dei movimenti che il bulbo stesso ha dovuto eseguire per raggiungere una data sensazione.

Il giudizio di località, ovvero sia la intuizione del nesso che intercede fra i rapporti di ubicazione degli eccitati punti retinici e quelli degli eccitanti punti dello spazio è tale, che solo per esso s'intende la necessità di un apparato diottrico, il quale, colla concorrenza dei suoi mezzi accomodabili, valesse a dare una immagine estrinsecabile nell'oggetto. Come infatti per la cute, così per la retina, il giudizio di località emerge dalla trasmissione isolata al centro percettivo della eccitazione che in ciascun elemento del mosaico retinico desta la vibrazione eterea, per modo che, come per la cute, così per la retina, la intuizione dello spazio intermedio risulta dalla intermissione di elementi non o meno eccitati fra elementi più eccitati. Due diversi coni luminosi che eccitano due vicini elementi senzienti della retina, non danno l'idea di uno spazio intermedio, come non la danno due eccitate provincie tattili contigue. In ambo i casi quindi le due sensazioni dovranno fondersi in una sola, perchè manca l'idea di uno spazio intermedio fra esse. Potrà questa sensazione aquistare una estensione corrispondente al numero degli elementi eccitati e dal punto luminoso estendersi all'area circolare luminosa, come quando tutta la retina è colpita da luce di eguale intensità, ma non avremo idea di spazii intermedii, idea che risulta dalla intercedenza di elementi meno o non eccitati, e che appunto col diverso grado di eccitazione, oltre la intuizione della estensione e della figura, determina quella della separazione delle sensazioni e quindi della loro pluralità.

Questa intuizione è l'effetto dell'objettivamento della sensazione, il quale per l'occhio si modifica rispetto a quello che vedemmo per la cute. Nell'objettivamento cutaneo infatti la prima cognizione che abbiamo, è, che la nostra cute fu eccitata, e non è se non per ulteriore lavoro psicologico, che tentiamo risalire alla conoscenza dello stimolo. Nell'objettivamento visivo invece non avvertiamo il riferimento della sensazione dal centro percettivo alla retina (la quale non ci accorgiamo che esista e molto meno che si projetti su

essa una immagine eccitante) ma la riferiamo invece direttamente all'oggetto eccitante medesimo.

Noi però non rileviamo la diversa natura e la successione dei processi di sensazione e di objettivamento. Nessuno avvisa tali differenze; nessuno ricorda l'educazione che nella sua infanzia dovette dare all'apparato visivo per evitare di accorgersi della perturbante esistenza di due processi diversi, e giungere persino alla illusoria apparenza del contrario, che cioè, anzichè essere la vibrazione eterea quella che eccita il cervello a mezzo della retina, sia invece una interna forza visiva quella, che si esterna per gli occhi nell'ambiente a tasteggiarne collo sguardo gli oggetti. Illusoria apparenza, tanto bene stabilita dalla inveterata abitudine di objettivare, da sembrarci riferibili all'esterno di noi anche le stesse sensazioni che non riconoscono un diretto eccitante esterno, quali sono appunto le entoptiche e le postume subjettive.

Objettivando le sensazioni destate dai punti luminosi che formano l'immagine retinica, noi possiamo farci un'idea dei rapporti di spazio relativi alla lunghezza e larghezza, non però di quelli relativi alla profondità, che nella immagine retinica non esiste. Per la intuizione della profondità, ci prevaliamo del criterio della diversa distanza dell'oggetto dall'occhio, criterio che noi desumiamo dal senso muscolare e dall'apparente grandezza degli oggetti in relazione all'attività del medesimo. Se infatti il senso muscolare emergente dal paralellismo delle linee visive (equilibrata contrazione dei muscoli retti) ci avverte che un oggetto è lontano, noi, per l'esperienza acquistata, lo giudichiamo realmente più grande di quello ci sembri in apparenza al confronto di altro oggetto che giudichiamo realmente minore del primo, perchè il senso muscolare ci avverte della sua maggiore vicinanza (prevalente contrazione dei retti interni per convergenza delle linee visive). Gli è di tal guisa che noi giudichiamo la torre lontana realmente più alta della pianta vicina, tuttochè sembri il contrario. I raggi luminosi che partono dai punti più lontani degli oggetti corporei osservati, destano, come gli stessi oggetti più lontani, col criterio della distanza, il precipuo elemento per la determinazione della profondità.

Questa determinazione della grandezza e forma degli oggetti si fà per l'occhio in un modo diverso e in una portata maggiore di quello avvenga pel tatto. Quest'ultimo deve limitarsi agli oggetti vicini, dei quali determina comparativamente la grandezza e la forma in base al senso muscolare e al numero delle eccitate fibre nervose. In ogni caso la rettitudine del giudizio è condizionata da ciò, che gli oggetti comparandi sieno tasteggiati dalla stessa super-

ficie tattile. L'occhio invece spinge le sue determinazioni comparative nello spazio, e non si fida della ingannatrice grandezza relativa delle immagini retiniche, ma chiama pure in ajuto il criterio della distanza.

§ 91. *Acutezza della visione.*

Del campo visivo objettivo, che si dispiega al davanti dei nostri occhi, rileviamo nel campo subjettivo, rappresentato dalla retina, più acutamente quella parte che fissiamo, ovvero sia quella parte sulla quale convergiamo le linee visive, che dal punto fissato vanno alla fossa centrale della macchia gialla. Vediamo pur discretamente gli oggetti che formano con queste linee un piccolo angolo, crescendo il quale, la visione si fa sempre più indistinta, per modo che ad un angolo di 50 a 60° non riconosciamo gli oggetti piccoli o poco illuminati, e solo indistintamente rileviamo nei loro più grossolani contorni gli altri. Di uno stampato ordinario vediamo distintamente sei lettere, indistintamente le altre. A questa parte distintamente veduta di campo visivo, corrisponde un tratto di retina del diametro di $\frac{1}{5}$ a $\frac{1}{2}$ linea, quindi la metà della macchia gialla, che misura verticalmente quasi una linea (mill. 2, 25).

La visione indistinta delle regioni retiniche più periferiche dipende in parte dalla formazione d'immagini meno marcate in causa delle aberrazioni oculari, ma in parte anche dal giudizio di località, che per le sensazioni destate dalla macchia gialla verso l'ora serrata, decresce non concentricamente alla linea visiva, ma più rapidamente in direzione verticale che in direzione orizzontale.

Abbiamo detto che il giudizio di località corrisponde al giudizio di spazio, che inchiude la necessità della intermissione di elementi retinici, non o meno o diversamente eccitati. Come in un mosaico artificiale ogni sassolino ha il suo colore, mediante il quale rappresenta una parte così colorata del mosaico, così nel mosaico retinico ogni elemento sensibile ha una tinta speciale od una maniera di peculiare eccitazione inerente alle proprietà (per esempio cromatiche) del punto eccitante. Se due punti eccitanti, cromaticamente diversi, eccitano lo stesso punto sensibile, abbiamo un colore misto; se invece i punti eccitanti agiscono isolatamente sui punti sensibili, allora abbiamo tante singole sensazioni, quanti sono i punti sensibili compresi ed eccitati dalla immagine dell'oggetto. Queste singole sensazioni composte percettivamente a mosaico, rispondente al mosaico della immagine retinica, vengono nei loro rapporti di

relativa ubicazione, per la via del campo visivo subjettivo, riferite al campo objettivo.

Essendo ora eguale la grandezza degli elementi sensibili del mosaico retinico, dovrebbe lo stesso loro diametro indicare la costante unità di misura che determina la distinguibilità delle particolarità di un oggetto, dappoichè due o più punti eccitanti e vicini di un oggetto, non possono essere percepiti separatamente, se non in quanto il diametro della loro immagine retinica sia minore, o tutt' al più eguale al diametro degli elementi senzienti. Distinguiamo le foglie di una pianta quando per la sua vicinanza la immagine retinica di ogni foglia comprende varii elementi senzienti della retina; ma quando invece per la distanza, la immagine delle foglie si fa tanto piccola da comprendersi molte di esse nell' area di un solo elemento senziente, in allora non abbiamo più la percezione distinta di ogni singola foglia, ma di gruppi di foglie, finchè a distanza maggiore, non appare che il verde della parte fronzuta della pianta.

Se fissiamo due fili di ragnatela tesi verticalmente assai vicini fra loro, vediamo soltanto un filo, non solo quando i due fili sono tanto vicini da projettarsi la immagine di ambedue sovra una medesima serie longitudinale di elementi retinici, ma anche quando i due fili projettano la loro immagine sovra due serie parimenti longitudinali di elementi contigui. Per vedere i due fili, deve, fra le loro immagini, intercedere almeno una serie di elementi non eccitati.

Può darsi che la immagine di un punto eccitante abbia una estensione minore del punto senziente. In questo caso il punto eccitante aquista percettivamente delle dimensioni superiori a quelle della sua immagine ed eguali a quelle del punto senziente medesimo, attesochè, per la percezione, non vi possono essere dimensioni minori di quelle di quest'ultimo. Diffatti, se a perfetta accomodazione (per elidere possibilmente gli effetti dell' irradiazione) osserviamo un punto bianco in campo nero e un egual punto nero in campo bianco, vediamo che allontanando i campi, la visione del secondo punto scompare molto prima di quella del primo. Ciò pel motivo che quando il punto bianco projetta una immagine minore di un elemento senziente, tutto l'elemento resta eccitato dai raggi bianchi e permane la sensazione del punto fino a quando scompare per deficiente eccitazione; mentre invece quando il punto nero ha dimensioni minori dell'elemento senziente, la sua parte periferica essendo eccitata dai raggi bianchi, tutto l'elemento resta eccitato, e non risulta quindi nella percezione del punto nero la meno eccitata parte centrale dell'elemento senziente.

Pel motivo appunto che la estensione della immagine di un punto eccitante può sembrarci maggiore del vero, quando questa estensione sia minore di quella del punto eccitato, sarà falso il criterio di misurare la squisitezza del giudizio di località dall' impicciolimento che può essere dato alla immagine retinica prima che questa cessi di essere veduta. Tenuto calcolo della intensità luminosa, questo criterio vale per la misura della eccitabilità retinica, ma per quella della squisitezza del giudizio di località deve essere il grado massimo di avvicinamento a cui possono portarsi due punti eccitanti, prima che si confondano in uno solo.

La finezza del giudizio di località non è eguale per tutte le parti della retina; è massima alla macchia gialla, successivamente minore verso l'ora serrata. Gli è perciò che volendo veder bene un oggetto dirigiamo su esso le linee visive, il che è quanto dire che ne facciamo cadere la immagine sulla macchia gialla. Ciò non esclude che sulla restante parte della retina si projettino le immagini di tutti gli altri oggetti e che noi li vediamo; ma è un vedere meno esatto, è un travedere non avvertito, e tale anzi che si esige qualche sforzo per osservarlo ed avvertirlo, senza fissarlo.

Aprendo improvvisamente un libro e fissando lo stampato, ci accorgiamo che il campo visivo comprende tutto il libro ed anche circostanti oggetti estranei al medesimo, ma con massima distinzione non vediamo che alcune lettere e già appajono meno distinte le lettere collaterali.

Weber ha calcolato che il tratto retinico di più distinta visione ha trasversalmente una estensione di $^1/_5$ a $^1/_2$ linea all'incirca.

Tracciando su piano orizzontale una linea semicircolare che abbia per raggio la distanza visiva e sulla quale sieno fissati degli aghi alla distanza di 5° in arco, se tenendo chiuso un occhio, fissiamo coll'altro l'ago mediano, vediamo distintamente questo, meno distintamente i due aghi laterali, mentre i successivi diventano sempre più indistinti, fino a non essere più rilevabili quelli che formano coll'ago mediano un angolo di 30 a 40 gradi. Ripetendo la stessa esperienza con semicircolo verticale, il risultato non differisce se non in ciò, che gli aghi prossimi al mediano devono distar meno da esso per essere distintamente veduti.

La regione quindi della distintissima visione comprende un arco di circa 6 gradi; quella della visione distinta comprende circa 10 gradi, fra la totalità di 60 ad 80 gradi, ai quali si estende la decrescente visibilità degli oggetti.

Calcolando su queste basi, la immagine retinica di un oggetto veduto distintissimamente dovrà formare sulla retina una immagine

del diametro di mill. 1,4, corrispondente alla fossa centrale, e quella di un oggetto veduto distintamente dovrà avere un diametro di mill. 2 a 4, corrispondente presso a poco alla macchia gialla.

Da ciò si rileva quanto sia circoscritta, rispetto alla totale estensione della retina, la regione della visione distinta, la quale del resto non si deve soltanto a squisitezza maggiore del giudizio di località, per aumentato numero e diminuita estensione dei bacilli, ma devesi pure ed in maggior grado alle deficenti aberrazioni diottriche dell'occhio. Quando quest'organo fissa un oggetto pel quale è accomodato, si forma sulla macchia gialla la immagine più distinta di questo oggetto, mentre gli oggetti circostanti ed egualmente lontani dall'occhio formano sulle restanti parti della retina immagini tanto meno distinte, quanto più si procede verso l'ora serrata, perchè la retina viene ad essere colpita soltanto da circoli di convergenza. Di questo fatto possiamo convincerci osservando posteriormente l'occhio di coniglio albino.

Del resto, per quanto indiscutibile il principio di Weber, che il giudizio di località tenga alla interposizione di elementi senzienti non o diversamente eccitati, non è affatto indiscutibile ed anche non facile la esperienza di determinare la squisitezza del giudizio di località nelle diverse parti della retina, mediante determinazione della distanza minima, a cui sono ancora distinguibili due oggetti; e non è pure intieramente indiscutibile, che la distanza ottenuta corrisponda intieramente alla estensione di un elemento senziente.

Weber ha fatta questa esperienza determinando micrometricamente la minima distanza a cui sono ancora visibili due linee paralelle bianche in campo nero, separate da uno spazio eguale alla larghezza delle linee medesime. Calcolando che uno spazio di larghezza eguale a questa minima apparente distanza venga rifratto da un sistema diottrico corrispondente all'occhio medio di Listing, si può pur calcolare la larghezza sotto la quale dovrà formarsi sulla regione retinica della distinta visione la immagine di questo spazio. Weber n'ebbe il risultato, che il minimo spazio percettibile si projetta sulla macchia gialla con una immagine della larghezza di mill. 0,00273 a 0,00326, per modo che il giudizio visivo di località nella regione più sensibile della retina sarebbe più squisito del giudizio di località tattile per 840 volte alla punta delle dita, per 420 volte alla punta della lingua. Volendo anche ammettere, con Volkmann, degli estremi compresi fra mill. 0,0024 e 0,0077 con una media di 0,0042, volendo anche ammettere col medesimo una tale perfettibilità del giudizio di località da potersi questa media ri-

durre alla metà, volendo pure ammettere che per effetto della irradiazione diminuisca la estensione dello spazio non eccitato, volendo ammettere tutto questo, e ricordando essere nell'uomo il diametro dei coni compreso fra mill. 0,002 e 0,0025, possiamo inferirne, che nella regione della macchia gialla, il giudizio di località potrà esigere la interposizione di più che un elemento ineccitato, ma che certo, e specialmente raffinandosi, esige la interposizione di almeno un elemento.

La finezza del giudizio di località diminuisce però rapidamente dalla macchia gialla verso l'ora serrata. Due linee paralelle che alla macchia gialla si rilevano ancor doppie quando la loro immagine retinica dista di mill. 0,0077, devono, per esser vedute doppie, distare rispettivamente almeno mill. 0,049 e 0,863 quando le loro immagini si formano sotto un angolo di 5 e 8 gradi colla linea visiva. Questa diminuzione è più rapida in direzione verticale che orizzontale, ed è al minimo rapida nella direzione orizzontale esterna.

Per dedurre dalla organizzazione della retina la spiegazione del vario grado di finezza del giudizio di località nelle diverse regioni di questa membrana, non v'è altro mezzo che quello di ricorrere alla stessa ipotesi anatomica, invocata per il giudizio di località tattile, che cioè una sola fibra nervosa si dirami ad un vario numero di elementi senzienti della retina, per modo da aversi in essa dei circoli visivi di varia ampiezza, come si hanno dei variamente estesi circoli tattili nella cute. E siccome nella fossa centrale, ove il giudizio di località presenta la massima squisitezza, non vi hanno che coni, e questi coni vanno gradatamente rarefacendosi verso l'ora serrata, in una direzione quindi corrispondente a quella in cui diminuisce la squisitezza del giudizio di località, così è naturale il pensare, che nella fossa centrale vi sieno tante fibre nervose che agiscono isolatamente, quanti sono i coni che vi si trovano, mentre invece procedendo verso l'ora serrata, ogni cono (più raro) riceve pure la sua fibra nervosa, che manda però delle diramazioni a quelli fra i circostanti cilindri che appartengono al circolo visivo di questo cono. Due impressioni portate nel perimetro di questo sistema dovranno dare una sensazione unica, come la danno le due punte del compasso applicate nel perimetro dello stesso circolo tattile, e la distanza delle due impressioni, come la distanza delle punte del compasso, potrà aumentare, rimanendo pur unica la sensazione, col crescere della estensione del circolo visivo o col crescere del numero dei cilindri al dintorno di un cono. Diffatti, col discostarci dalla macchia gialla e coll'avvicinarci all'ora serrata, diminuendo il numero dei coni, cresce quello dei cilindri, che si possono riferire

al perimetro sensitivo del cono, epperò cresce la estensione dei circoli visivi e diminuisce quindi la squisitezza del senso di località. I coni potrebbero essere quindi in certa guisa considerati come centri di circoli tattili, che non si estendono oltre l'area del cono nella fossa centrale, e che vanno invece aquistando verso l'ora serrata una crescente estensione per un crescente numero di serie concentriche di cilindri. La interposizione di cellule nervose tra le fibre del nervo ottico, i cilindri ed i coni, potrebbe facilitare questa dispersione di una sola fibra ad un crescente numero di elementi rêtinici quando si ammettesse la multipolarità di queste cellule e la loro anastomosi, che potrebbe forse aver luogo anche per mezzo dei granuli. Laddove invece, come nella fossa centrale, il circolo visivo non supera la estensione di un cono, quivi la minima distanza a cui sono ancora percettibili separatamente due linee, forma, come dicemmo, secondo Weber, una immagine della larghezza media di mill. 0,0025, corrispondente con esattezza quasi matematica al diametro di un cono.

§ 92. *Area cieca della retina.*

Come nella fossa centrale e nella macchia gialla, per la maggiore stipatezza dei coni retinici, la visione è piucchè altrove distinta, così per la mancanza di questi elementi è nulla, laddove nel collicolo corrisponde la entrata nel nervo ottico. Vi ha quindi nella retina un'area cieca, la cui esistenza, per quanto sembri a prima giunta inverosimile, perchè non ci accorgiamo di alcuna interruzione del campo visivo, pure è con facile sperienza dimostrabile e con logica argomentazione spiegabile l'apparenza contraria. Mariotte, fu primo a riconoscere la cecità di quest' area, che prese il suo nome e la cui esistenza facilmente si riconosce, quando nella qui annessa figura 8, chiudendo l'occhio opposto, si fissi verticalmente

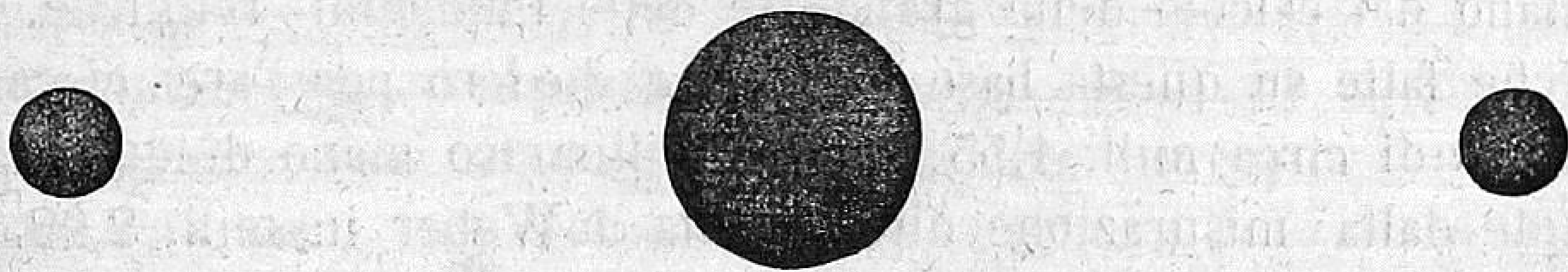


Fig. 8. Rappresenta la disposizione dei punti pel rilievo dell'area cieca.

coll'occhio destro il disco nero sinistro o coll'occhio sinistro il disco nero destro ad una distanza (di 6 a 7 pollici) che si varia fino a tanto che l'occhio ben fisso rilevi i due piccoli circoli laterali, e non rilevi invece il circolo mediano, tuttochè molto più grande dei precedenti.

Lo spazio occupato dal circolo mediano si perde nel bianco generale del fondo, o nel nero generale del medesimo se l'esperienza si faccia con circoli bianchi in fondo nero. In questa esperienza i raggi emananti dal circolo mediano cadono sull'area cieca dell'occhio destro o sinistro, mentre quelli derivanti dai dischi laterali cadono ai lati sensibili di quest'area.

La stessa esperienza si può fare interponendo fra i due occhi contro il naso una carta da giuoco o la propria mano, e fissando con ambo gli occhi il circolo mediano. A conveniente distanza non si vede che questo circolo e scompajono i circoli laterali, perchè quello di sinistra projetta i suoi raggi sull' area cieca dell' occhio sinistro e rispettivamente su quella dell'occhio destro il circolo di destra, mentre il sipario impedisce che cadano su punti sensibili dell' occhio destro i raggi emananti dal circolo sinistro e viceversa.

È facile dimostrare che l'area cieca della retina corrisponde a quella di entrata del nervo ottico, poichè fissando coll'occhio destro il circolo di sinistra, e facendone quindi cadere i raggi nel centro della macchia gialla, la immagine del circolo mediano deve in queste condizioni (secondo le leggi ottiche) formarsi all'interno di questa macchia. Se ora si avvicina l'occhio per modo da far scomparire il circolo mediano, e si determina a questa distanza il punto della retina colpito della linea direttiva di questo circolo, si trova che la sua immagine cade nel punto d'entrata del nervo ottico. Donders ha dimostrato più direttamente l'assunto, provando la mancante percezione della immagine della fiamma di candela projettata mediante l'oftalmoscopio sull'area collicolare di entrata del nervo ottico. Quest'area, in cui mancano cilindri e coni, corrisponde al collicolo del nervo ottico, ed occupa nel campo visivo all'incirca 6° (Weber) od un tratto del cielo, nel quale potrebbero stare contiguamente schierate all'incirca undici lune piene.

La estensione dell'area cieca e la sua distanza dalla macchia gialla risultano dal calcolo delle grandezze delle immagini retiniche. Le ricerche fatte su questa base da Listing diedero per l'area cieca un diametro di circa mill. 1,55; mezzo millimetro meno di quello risultante dalla misurazione diretta fatta da Weber in mill. 2,09. La distanza del centro di quest'area da quello della macchia gialla è di mill. 3,5.

Si può determinare approssimativamente, con Hannover, la figura dell'area cieca per ciascun occhio, fissando immobilmente un punto nero in carta bianca alla distanza di 8 o 10 pollici e segnando con penna intinta tutte quelle parti laterali della carta sulle quali può aggirarsi, senz'essere veduta, la punta della penna. In

genere si ottiene una figura ovale con massimo diametro verticale, più raramente un circolo e qualche volta degli angoli corrispondenti ai maggiori tronchi vascolari che irradiano dal collicolo. Secondo Hannover, nella maggior parte degli uomini l'area cieca sinistra ha un diametro orizzontale un po' maggiore della destra.

L'area cieca dovrebbe lasciare un vuoto nel campo visivo objettivo. Noi non ci accorgiamo di questo vuoto perchè giudichiamo della distanza di due sensazioni dalla interposizione di circoli senzienti non eccitati (Weber). Non essendovi ora circoli senzienti nell'area cieca, dovrà essere elisa la distanza fra due sensazioni destate agli opposti margini di essa. Ciò essendo, il campo visivo, nei paraggi dell'area cieca, dovrebbe essere contratto, vale a dire, con un esempio, se osservassimo una linea nera in campo bianco, per modo che questa linea tagliasse trasversalmente l'area cieca, essa dovrebbe sembrarci accorciata e convertita anche in un punto, quando le sue estremità non eccitassero che uno solo degli elementi senzienti che fiancheggiano l'area cieca. Questo però non avviene, perchè, secondo Weber, dal senso muscolare siamo edotti della distanza che intercede fra i due punti della linea nera percepiti ai margini dell'area cieca, e mediante un processo di rappresentazione visiva estendiamo i punti a fondersi nella linea che attraversa l'area.

La reintegrazione quindi e la continuità degli oggetti che interessano l'area cieca, nel modo il più semplice, il più verosimile, e quale corrisponde alla cognizione che abbiamo dei medesimi, è effetto di rappresentazione visiva. Se noi infatti osserviamo la linea nera in modo che attraversi l'area cieca toccando colle sue estremità degli opposti punti sensibili periferici, questa linea non ci sembra accorciata, mentre invece la troviamo tale, se la osserviamo in modo che non superi l'area cieca, e non giunga quindi coll'una delle sue estremità ad un opposto punto sensibile periferico.

Wittich però ha dimostrato che in alcuni casi esiste realmente la contrazione del campo visivo in corrispondenza dell'area cieca e la deformazione o l'accorciamento degli oggetti che la interessano. Se in campo nero segniamo una larga linea circolare bianca e portiamo l'occhio a tale distanza, che la larghezza della linea eguagli il diametro dell'area cieca, osservando in modo da far cadere in quest'area un segmento del circolo, troviamo integrato, è vero, quest'ultimo, ma in corrispondenza dell'area, più sottile la linea bianca e non perfettamente circolare, ma alquanto appianata. Portando a scomparsa nell'area cieca l'incrociamento di due liste di carta di diverso colore, vedonsi sempre accorciate, secondo Wittich, le due liste, specialmente la verticale, e fatto l'integramento col colore della

lista orizzontale ogni volta che le visibili estremità di essa non sieno troppo vicine in confronto a quelle della lista verticale.

È facilmente confermabile la esattezza di queste indicazioni, che sono spiegate da Funke, quale una inconseguenza dei risultati delle diverse operazioni psicologiche conducenti al riferimento nello spazio delle impressioni visive, e riducentisi al coordinamento di queste impressioni in uno spazio non interrotto da area cieca ed alla localizzazione delle impressioni marginali di quest'area nelle loro vere ubicazioni relative alla ubicazione delle altre impressioni retiniche; localizzazione che sarebbe impossibile, senza la ricognizione di uno spazio fra le impressioni marginali dell'area cieca.

§ 93. *Intuizione congenita di spazio.*

La sensazione visiva non è mai percepita come condizione speciale della retina, ma è tosto riferita all'esterno od objettivata in modo molto più esteso del tatto, pel quale l'objettivamento si arresta alla cute.

Weber ripete la causa di questa differenza dalla circostanza, che l'occhio non può con reciproche eccitazioni di sensazioni procurarcene di doppie, come ha luogo nel contatto reciproco delle diverse parti della cute. Riferiamo all'esterno anche le sensazioni luminose di origine subjettiva, e quelle che ridestiamo colla pressione sul bulbo non le riferiamo alla retina pressa e quindi alle corrispondenti fibre ottiche eccitate, sibbene all'esterno e in quella stessa direzione nella quale vedremmo, se la corrispondente parte di retina fosse eccitata dalla luce.

L'objettivamento è una necessità per la visione e specialmente pel rilievo della forma, della grandezza e della ubicazione dei corpi; essendochè per tale rilievo, procurandoci noi la conoscenza dei rapporti di spazio, in cui stanno reciprocamente fra loro e coll'*io* le sensazioni luminose objettivate, vale a dire, procurandoci la cognizione della direzione in cui sono fuori di noi i corpi esterni, riconosciamo anche devoluta ai medesimi nel processo d'intuizione visiva una determinata ubicazione in questa direzione. Dimandasi però come avvenga un tale riconoscimento, quantochè prescindendo anche per ora dalla terza dimensione (di profondità) e limitandoci alle prime due di lunghezza e larghezza, rappresentate nella immagine retinica dai punti sensibili, non si può ammettere che questi si riproducano nei loro rapporti topografici nell'organo percettivo, o in altre parole, non si può ammettere che la intuizione di queste

distanze sia l'effetto di una riproduzione dell'immagine retinica nell'organo medesimo.

Si hanno a questo proposito opinioni disparate ed estreme, che attribuiscono questa intuizione o intieramente a peculiare ed originaria conformazione dell'organo senso-percettivo, o intieramente invece ad una postuma educazione del medesimo.

La maggioranza dei fisiologi ammette una congenita, tuttochè limitata intuizione di spazio, mediante una tale indefinibile organizzazione, per la quale, la eccitazione delle singole fibre nervose determinerebbe delle impressioni escludentisi vicendevolmente nello spazio, epperò senza riflessione riconoscibili come separate nel medesimo. Quale forma di organizzazione si adatti allo scopo noi non sapremmo, epperò la dicemmo indefinibile, e trovammo altrettanto misteriosa la spiegazione che si volesse dare per questa via del fenomeno, quanto il fenomeno stesso.

La ipotesi dei *segni locali* (Localzeichen) di Lotze, conduce a nostro avviso alquanto più innanzi.

Questa ipotesi che considera il segno locale come una modificazione qualitativa della sensazione, che il medesimo stimolo (per variante struttura delle fibre terminali della retina) desta nei diversi punti sensibili della medesima, ha in suo favore le risultanze di Purkinje e di Schelske, secondo i quali, la quantità delle fibre rosse, rispetto alle verdi ed alle violette, diminuirebbe dal centro verso la periferia della retina per modo, che agli ultimi limiti del campo visivo la luce rossa apparirebbe grigia, la gialla verde, la verde azzurrognola, e solo i più rifrangibili raggi azzurri e violetti verrebbero veduti nel loro vero colore.

Ammessa la esistenza di un segno locale in questo senso, ed ammesso pure che lo stesso punto luminoso eccitando successivamente varii punti retinici possa darci, colla varietà delle sensazioni corrispondenti, l'idea del suo movimento e quindi dello spazio, noi avremmo un esempio di elementare intuizione visiva dello spazio mediante i segni locali, esempio, che ripetendosi per segni locali di altra natura, potrebbe condurre ad intuizioni di spazio più complicate.

Comunque sia però, anche la ipotesi di Lotze va a confondersi nella opinione generale di una congenita intuizione delle prime due dimensioni (per causa specialmente di struttura) mentre la terza dimensione di profondità sarebbe il prevalente prodotto dell'educazione visiva, per opera specialmente del senso muscolare, che agirebbe però anche educando la intuizione congenita.

In un piano di projezione visiva sarebbe quindi congenitamente intuibile la figura dell'oggetto, mentre invece nell'aquisita facoltà di projezione in piani multipli sarebbe intuibile la forma.

Fra i molti elementi che concorrono ad educare la intuizione visiva dello spazio, oltre al concorso degli altri sensi, v'hanno anche i vicendevoli rapporti d'azione delle due retine. Ne verrà che nella visione monoculare, od anche nella binoculare con esclusione di questi rapporti, dovremo avere effetti d'intuizione di spazio diversi da quelli che si ottengono in concorrenza dei medesimi.

VI. — Visione Monoculare.

§ 94. *Intuizione monoculare educata di spazio.*

La intuizione congenita di spazio si educa primamente colla ricognizione dell'objettivamento, ovvero sia colla ricognizione che gli oggetti esterni sono le cause delle impressioni luminose rispetto all'*io* senziente. La percezione della variazione delle impressioni visive, per esempio, ad occhi e corpo, che sappiamo immobili, deve condurci alla conclusione, che la causa delle corrispondenti sensazioni è fuori di noi. Impariamo quindi a riconoscere separate dagli oggetti esterni le parti del nostro corpo, a valutarle come relativamente estrinseche all'*io*, e a costituire pel nostro corpo un ambiente, che diventa il punto di partenza nella interpretazione dei rapporti di spazio degli oggetti veduti. Impariamo a vedere questi oggetti in determinate direzioni, vale a dire, che ogni impressione, la quale originariamente riconoscevamo nella sua posizione relativa alle altre contemporanee impressioni, ce la rappresentiamo nello spazio in relazione alla nostra stessa ubicazione, riferendola ad una data distanza dal nostro corpo, imparando a valutare le mutazioni nella posizione degli oggetti esterni rispetto a noi, la portata e la direzione del loro movimento, e trasformando in rappresentazioni di grandezza assoluta le originarie percezioni di grandezza relativa.

DIREZIONE. — La ricognizione dell'objettivamento trae necessariamente seco la conoscenza della direzione in cui esso avviene rispetto al nostro corpo.

Riconosciamo la direzione principalmente per opera del senso muscolare, il quale ci avverte dei movimenti che abbiamo dovuto fare col corpo, colla testa e coll'occhio, per vedere un oggetto.

Avvenendo l'objettivamento o la projezione della sensazione nella direzione della linea visiva e delle linee direttive, ne verrà, che per mantenere ad esse la loro direzione rettilinea, dovremo ad ogni ubicazione dell'oggetto volgergli l'occhio per vederlo, mettendo a

quest'uopo in contrazione dei muscoli. Epperò dal senso muscolare siamo edotti non solo dei movimenti proprii degli occhi, ma anche di quelli della testa per la ricognizione della direzione. Sappiamo quindi, per esempio, che occhi e testa devono essere innalzati per vedere gli oggetti alti e così via. Gli è per mezzo del senso muscolare che in qualsiasi posizione del nostro corpo riconosciamo la posizione dei nostri occhi o la direzione delle linee visive, giudicando in base a questa cognizione la direzione degli oggetti veduti.

L'influenza del senso muscolare nel riconoscere la direzione è dimostrata dalla seguente sperienza. Riconosciamo un dato punto dello spazio; poi chiudendo gli occhi proponiamoci che questo punto cada sott'essi all'atto del riaprirli. Ci riusciamo tanto perfettamente, che se il punto fissato fosse non solo un nostro dito, ma qualsiasi altro oggetto estraneo al nostro corpo, tosto aperti gli occhi possiamo leggere parole stampate sul dito o sull'oggetto; segno che anche senza vedere dove sia l'uno o l'altro, mediante il senso muscolare, sappiamo anche ad occhi chiusi dove sia diretto il nostro sguardo.

L'intuizione quindi che abbiamo della direzione degli oggetti veduti dalla direzione delle linee visive, non è il risultato di una sensazione, ma di un giudizio emergente dal riprodursi in relative posizioni retiniche (immagini) le posizioni relative dei punti degli oggetti. Nè in ciò ha a che fare la posizione assoluta (arrovesciata) della immagine retinica che noi non vediamo; sibbene hanno a che fare i punti retinici eccitati, che noi objettivando nella direzione delle linee direttive, riferiamo all'esterno in giusta posizione assoluta, per modo che il raggio superiore di un oggetto, il quale colpisce la retina inferiormente, viene riferito al rispettivo punto superiore di emanazione; il raggio inferiore invece, che colpisce la retina superiormente, al rispettivo punto di emanazione inferiore; il raggio destro, che colpisce la retina a sinistra, al rispettivo punto di emanazione destra; il raggio sinistro, che colpisce la retina a destra, al rispettivo punto di emanazione sinistra.

Ogni erroneo concetto sulla posizione dei nostri occhi o del nostro corpo altera i noti rapporti di esso cogli oggetti e determina erronei giudizii di direzione. Così, per esempio, vediamo spostato un oggetto, quando osservandolo con un occhio solo falsiamo il senso muscolare smuovendo il bulbo con un dito. Osservando all'oscuro una linea verticale chiara, ed inclinando la testa verso la spalla, anche la linea appare inclinata dal lato opposto fino a 45°, se l'inclinazione della testa sia di 135°, e riappare verticale se la osserviamo capovolti. In minor grado si ottiene lo stesso effetto a

luce diurna, quando la linea trovasi sopra un fondo esteso ed uniforme, mentre invece la illusione scompare, quando la vista possa orientarsi per vicinanza di altri oggetti.

Hering ha impugnato il riferimento della sensazione lungo le linee direttive, partendo dal principio, che in questo caso, ad una data e costante immagine retinica dovrebbe sempre corrispondere una visione data e costante ne' suoi rapporti di spazio. Il che non avviene, secondo Hering, poichè se colla persistente fissazione di una croce rettangolare colorata su piano perpendicolare alla direzione visiva, ci procuriamo in un occhio la duratura immagine postuma della medesima, se da ogni punto retinico la sensazione dovesse essere invariabilmente objettivata pel punto d' incrociamento delle linee direttive, l' immagine postuma, devoluta ad una persistente attività degli elementi retinici primitivamente eccitati dalla immagine dell'oggetto, dovrebbe mantenere invariabilmente la sua figura e, ad occhi e testa immobili, la sua posizione, comunque sia la superficie sulla quale questa immagine viene projettata. Hering invece ha constatato che colla posizione del piano di projezione, varia la figura e la posizione della immagine postuma al punto, da presentarsi inclinata con questo piano, da perdere la sua rettangolarità, da farsi elittico il circolo, divergenti le linee paralelle o viceversa. Queste variazioni avrebbero anzi luogo anche quando il piano di projezione, senza perdere la sua costante verticalità, assumesse, per disegno tracciatovi, una inclinazione puramente prospettica.

Secondo Hering, sarebbero anzi molti i casi, nei quali non si coprirebbero il luogo apparente in cui si vede la immagine di un oggetto e il vero luogo in cui l'oggetto esiste, epperò il luogo apparente in cui vediamo l'oggetto, non sarebbe sulle linee direttive. Molti di questi casi appartengono, secondo Hering, alla ordinaria visione binoculare, ma egli ne cita uno, il quale per la mancante convergenza delle linee visive, potrebbe dirsi di visione monoculare bilaterale contemporanea. Segnando su carta bianca due punti neri a distanza approssimativamente corrispondente a quella dei centri ottici dei due occhi, ed osservando fissamente coll'occhio destro il punto destro, col sinistro il sinistro, vediamo, per la identità dei punti retinici eccitati (fossa centrale) un punto solo equidistante dai punti segnati, quindi non sulla linea visiva di ciascuno dei due occhi osservanti, ma sulla linea che parte per metà l'angolo di convergenza delle due linee visive prolungate all'infinito.

Per determinare, secondo Hering, la vera direzione delle linee visive, bisogna prendere in considerazione la visione binoculare, dappoichè il concetto dei rapporti di spazio degli oggetti esterni

col nostro corpo è fin dall'origine collegato all' attività binoculare, per modo che noi non impariamo a objettivare e a vedere in date direzioni separatamente con ciascun occhio, per quindi combinare e fondere le due percezioni in una sola, ma al contrario, a compiuta educazione dell'organo visivo, applichiamo in parte, senza saperlo, a volontarie visioni monoculari, le apprese direzioni visive binoculari. La originaria fusione che noi facciamo dei campi visivi dei due occhi in uno solo, fa sì, che noi riferiamo la posizione degli oggetti contenuti nel campo ad un solo occhio ideale che si trovi in fronte fra i due occhi veri, e che le direzioni visive dei due occhi possono essere rappresentate da linee, le quali da quest'occhio mediano divergono nello spazio.

A queste idee sulla direzione dell'objettivamento visivo fu dato da Hering uno svolgimento assai diffuso e in parte poco intelligibilmente e fors'anche erroneamente modificato da altri. Ciò nello scopo principale di applicarle a sostegno della teoria dei punti identici che vedremo più innanzi.

Formando del resto queste idee un argomento aperto tutt'ora alla discussione, crediamo non possa e non debba entrare nel còmpito nostro un più ampio sviluppo delle medesime.

Movimento. — Al senso muscolare dobbiamo pure la intuizione del movimento degli oggetti veduti, non che dalla direzione in cui questo movimento si compie. Nel caso più semplice, un oggetto che si muova orizzontalmente o verticalmente, sposta pure nello stesso senso, ma in direzione opposta, la propria immagine sulla retina. Se lo sguardo è fisso, noi ci accorgiamo del movimento dell'oggetto dalla variazione dei suoi rapporti di spazio cogli oggetti fissi, dalla variazione nella direzione dell' objettivamento, e finalmente dalla mancanza del senso muscolare che ci avverte della nostra immobilità. Se invece teniamo dietro collo sguardo al movimento, in allora il senso muscolare ci avverte del grado e della direzione del movimento che abbiamo dovuto imprimere ai nostri occhi ed alla nostra testa per tener dietro all'oggetto osservato. Se il movimento avviene invece nella direzione della linea visiva, in modo che varii la distanza dell'oggetto dall'occhio, ma sieno sempre colpiti gli stessi punti retinici dell'occhio immobile, in allora non rileviamo direttamente il suo movimento, ma lo desumiamo dalle circostanze accessorie, che la esperienza c' insegna concomitarsi ad un movimento in questa direzione, quali, per esempio, la crescente grandezza e distinzione dell'oggetto col suo avvicinarsi all'occhio e viceversa.

Anche nel giudizio del movimento possono incorrere degli er-

rori. Nei viaggi celeri ci sembra che la campagna si muova, perchè edotti dal senso muscolare della fissazione del nostro corpo e dei nostri occhi, riferiamo a movimento della campagna le migrazioni delle sue immagini retiniche. Molte volte non sappiamo giudicare se si muova il convoglio in cui stiamo o quello che ci fiancheggia. Moti apparenti più difficili a spiegarsi sono quelli che avvengono nelle vertigini (apparente arretramento del ponte da cui si contempla il fiume discendente) e quelli da cui ci sembrano dominati dei corpi immobili fissati subito dopo avere lungamente contemplato dei corpi in movimento. Non ci accorgiamo di moti troppo lenti (sfera d'orologio) o troppo celeri (projettile); disconosciamo il movimento di un corpo illuminato dalla scintilla elettrica, perchè in allora manca il tempo necessario alla migrazione della immagine retinica. Tutt' a prima non ci accorgiamo della circolazione capillare e del movimento vibratile al microscopio.

Grandezza. — Al rilievo della grandezza degli oggetti osservati concorrono essenzialmente due elementi:

1.° La intuizione congenita di spazio determinata dal numero degli eccitati circoli sensitivi della retina. Per suo mezzo dobbiamo rilevare come differenza di estensione la eccitazione di due circoli rispetto a quella di quattro, e riconoscere che due sensazioni, fra le quali sono interposti due circoli ineccitati, distano fra loro meno di due altre separate da quattro.

Tutti gli oggetti quindi che projettano sulla retina immagini egualmente estese dovranno sembrare egualmente grandi, e siccome la grandezza dell'immagine retinica è determinata dall' angolo visivo, così dovranno sembrarci egualmente grandi degli oggetti che si projettano sotto un angolo visivo eguale, epperò un oggetto dovrà sembrarci tanto più piccolo, quanto più lontano dall'occhio.

L'immagine per sè stessa non ha però niente a che fare colla sensazione, e quindi nemmeno colla valutazione della grandezza, la quale non può essere altrimenti che un effetto dell'objettivamento.

Con questo mezzo noi non numeriamo certamente gli eccitati circoli sensitivi della retina, ma ne facciamo una sommaria valutazione approssimativa. Da ciò si spiega la facoltà di perfezionare le valutazioni di grandezza che facciamo con questo mezzo. Il massimo grado di perfezionamento si ottiene, quando si arriva a differenziare grandezze, che importino la interposizione di un solo circolo sensitivo.

Il valore assoluto delle grandezze comparate esercita sul perfezionamento della facoltà di valutarne coll'occhio le differenze, una influenza coordinabile colla legge di Fechner. Le minime differenze

riconoscibili (per esempio nella lunghezza di due linee) corrispondono ad eguali frazioni di qualsiasi lunghezza assoluta delle medesime.

Se per distinguere la minor lunghezza di una linea di 50 millimetri si esige al minimo una linea di 52 millimetri, per distinguere la minor lunghezza di una linea di 100 millimetri se ne esige una di 104. Fechner ha confermato questo principio per tutta la lunghezza di 10 a 240 millimetri, con una distanza dall'occhio di 300 a 800 millimetri, mentre Volkmann ha trovato che per lunghezze minori (da 0,2 a 5 millimetri) alla ordinaria distanza visiva, vi hanno deviazioni da questa regola, accennanti alla concorrenza di un errore costante, per modo da emergerne: che la detta legge, pur nella intuizione della estensione, abbia un limite inferiore e forse anche superiore, quale vedemmo aver luogo eziandio per la intensità delle sensazioni. Cercando determinare coll'occhio la eguaglianza delle maggiori distanze delle punte di due compassi, si commette un errore, che a norma delle persone oscilla fra $1/_{100}$ ed $1/_{60}$ mentre a minori distanze (di 1 a 5 mill.) si commette un errore maggiore di $1/_{50}$ ad $1/_{10}$. Weber ha inoltre trovato, che a distanze maggiori possiamo ancora distinguere la poco diversa lunghezza di due linee vedute in tempi diversi, per modo di distinguere, per esempio, dopo 3 secondi, due linee che diversifichino fra di loro di $1/_{40}$ di lunghezza, e dopo 70 secondi due altre che diversifichino fra di loro di $1/_{12}$.

2.° La migrazione dello sguardo da un capo all'altro dell'oggetto, di cui vogliamo valutare la grandezza, desta un senso muscolare, che colla idea della estensione del movimento che abbiamo dovuto dare all'occhio per vedere l'oggetto, ci dà pur quella della grandezza dell'oggetto medesimo. Applichiamo questo mezzo specialmente alla valutazione della grandezza di quelli oggetti, i quali sono troppo grandi per essere tutti compresi nel campo della visione distinta dell'occhio immobile. Così, per esempio, giriamo lo sguardo dall'apice alla base di una torre, quando vogliamo farci una idea della sua altezza. In questo caso il senso muscolare agisce dall'occhio nella valutazione della grandezza, come agirebbe dal braccio nella valutazione di un peso. Con questo mezzo aquistiamo, mediante l'esercizio, una tale sicurezza, da applicarlo anche laddove la valutazione della grandezza potrebbe essere fatta senza movimento dell'occhio per una estensione d' immagine poco superiore all'area della distinta visione.

La successiva applicazione che noi facciamo delle rappresentazioni di grandezze assolute alle percezioni di grandezze relative, è

frutto della esperienza, che chiama a quest'uopo in ajuto l'elemento della distanza. Siccome lo stesso oggetto di data grandezza, colla formazione di una immagine tanto più piccola, quanto è maggiore la sua distanza, ci sembra impicciolire col crescere di questa, così è naturale, che noi, per applicare alla percezione della grandezza apparente il concetto della grandezza reale, dobbiamo invocare il sussidio della distanza. Ora, la percezione della distanza non può essere un effetto primitivo dell'attività sensoria, dal momento che è già un effetto di successiva educazione del senso il riferimento della sensazione all'esterno del senziente. Checchè dicasi, come vedremo, da Hering sovra una congenita percettività della distanza, conviensi dai più nell'ammettere, che nella visione binoculare risulti la sua intuizione dal senso muscolare. Il meccanismo però di variante convergenza delle linee visive, che determina questo senso nella visione binoculare, fallisce nella monoculare, ed inallora è il senso muscolare emergente dall'apparato di accomodazione quello che esclusivamente s'incarica di procurarci la intuizione della distanza. Questo senso, risultante dall'azione eccezionalmente volontaria di muscoli lisci, avvertendoci coll'esperienza, che dati suoi gradi si connettono sempre alla distinta visione di oggetti posti a distanze determinate e tali riconosciute con altri mezzi, ne deriva che poi, senza nemmeno avvedercene, stabiliamo un rapporto fra il grado di senso muscolare e la distanza relativa. Una prova di questo lo abbiamo nel fatto, che accomodandoci alla visione vicina senza perdere di vista un oggetto lontano, questo ci sembra più piccolo, benchè in causa dei circoli dispersivi formi sulla retina una immagine più grande di quella che formerebbe, se l'occhio fosse accomodato alla sua visione. L'errore dipende appunto dalla circostanza, che riferendo noi all'oggetto lontano il concetto della minore distanza emergente da un senso più intenso di accomodazione, falsiamo il nostro giudizio sulla grandezza dell'oggetto e lo riteniamo più piccolo, perchè a quella distanza, cui corrisponde il grado del senso di accomodazione, dovrebbe apparire più grande.

Il rilievo della distanza per opera dell'accomodazione non può essere che limitato:

1.° Per la limitazione della stessa accomodazione ad una distanza media di 60 metri.

2.° Per la maggiore attività dell'accomodazione verso il punto vicino, per cui quivi, ad un dato grado di variazione d'intensità del senso muscolare, corrispondono variazioni di distanze progressivamente minori di quelle che hanno luogo in lontananza da questo punto.

3.° Per la interposizione della linea d' accomodazione, nel cui tratto facilmente si comprende come non possa aver luogo rilievo di distanza per opera della medesima.

4.° Per presumibile mancanza del senso muscolare nel passaggio dall'attività della contrazione alla passività del rilasciamento, mancanza, la quale spiega, perchè col mezzo dell'accomodazione si riconosca meglio il crescente avvicinamento, che non il crescente allontanamento di un oggetto.

5.° Finalmente per la influenza che possono spiegare a questo proposito la stanchezza muscolare e la ginnastica dell'accomodazione.

Se mancando l'accomodazione è ancora possibile rilevare monocularmente la corporeità degli oggetti, lo si deve a quella ricca e svariata esperienza di valutazione che applichiamo eziandio nel rilievo corporeo dei dipinti. Le principali fonti di questa specie d'intuizione psicologica della corporeità degli oggetti, a visione monoculare, sono specialmente rappresentate: dalla conoscenza sperimentale dei rapporti che passano fra la nota forma degli oggetti e la distribuzione della luce e delle ombre; dalla tendenza infusaci dalla esperienza, di prospettivare quei contorni dei corpi conosciuti che non si trovano nel piano della visione primitiva; dalla conoscenza che abbiamo della successiva diminuzione della grandezza apparente di un oggetto o di una parte del medesimo col crescere della sua distanza dall' occhio. Questi elementi sono anzi più attivi nella visione monoculare che nella binoculare, e lo dimostra il fatto, che noi rileviamo meglio la corporeità di un dipinto osservandolo con un occhio solo, e meglio ancora se al davanti del medesimo applichiamo la mano conformata a tubo. Così, per il modo di distribuzione della luce e dell' ombra, distinguiamo anche con un solo occhio la sfera dal disco; per lo stesso mezzo e per quello del prospettivamento dei contorni, riconosciamo monocularmente il dado, di cui non ci sia visibile che una sola faccia; per la regolare diminuzione della grandezza apparente delle piante o delle case di un'allèa o di una contrada e per il prospettivamento dei contorni, riconosciamo che le singole piante o case sono poste le une dietro le altre anche senza l'aiuto dell'accomodazione. Laddove questo criterio della grandezza degli oggetti, relativa alla loro distanza, ci manchi, allora o mancano pure o sono erronei i corrispondenti giudizii. Così, per esempio, non possiamo valutare con nessuna visione, mono o binoculare, la lontananza della luna, perche non abbiamo alcuna esperienza sulle successive modificazioni della sua apparente grandezza alle diverse distanze misurate col senso muscolare. E quando siamo sul mare giudichiamo erroneamente minore la sua

estensione dall'apparente vicinanza dell' orizzonte, fino a tanto che l'apparire di un lontano vascello corregge il nostro giudizio, per la conoscenza che abbiamo delle assai maggiori dimensioni che esso dovrebbe avere se ci fosse vicino.

VII. — **Visione binoculare.**

§ 95. *Scopo della visione binoculare.*

Nelle condizioni ordinarie, l'uomo vede per contemporanea e combinata azione delle due retine. La coazione dei due occhi è tanto intima, che noi dalla visione binoculare non riconosciamo direttamente la duplicità dell'organo visivo, essendo fusi i due campi in un campo visivo comune, dal quale soltanto coll'esperimento e coll'esercitata attenzione possiamo separare la parte spettante a ciascuna delle due retine, essendo, sotto molti rapporti, per modo condizionata la visione binoculare, come se le due retine fossero fuse in una sola, fra i due occhi.

Lo scopo di questo raddoppiamento dell' organo visivo non può essere l'ingrandimento del campo visivo (che aumenta orizzontalmente a circa 180°) dappoichè, come fu già menzionato, il normale costante incrociarsi delle linee visive in un punto dello spazio, determina il ricoprirsi dei campi visivi di ciascun occhio in un campo visivo comune di estensione eguale a ciascuno dei due. Nel fare questa considerazione prescindiamo naturalmente dalla visione degli oggetti laterali, di cui alcuni sono veduti dall'un occhio e non dall'altro per la interposizione del naso.

E nemmeno può essere scopo della visione binoculare un rinforzo della sensazione sommaria per addizione delle sensazioni parziali destate in ciascuna delle due retine dalla contemporanea azione di un punto luminoso. Prescindendo dalla circostanza, che questa addizione potrebbe riuscire utile soltanto per alcuni gradi di chiarezza, mentre invece sarebbe dannosa per gradi maggiori, v'è ad osservare, che essa non ha realmente luogo, o quanto meno, non ha luogo in tal grado, da poter esser invocata come scopo della visione binoculare. Poichè se si osserva una superficie chiara coi due occhi e se ne chiude quindi uno, o affatto fallisce o ben debole riesce la diminuzione della chiarezza quando i due occhi sieno egualmente sensibili, e quello rimasto aperto non lo sia meno per preceduta stanchezza. Fechner ha fatto anzi a questo proposito la interessante osservazione, che contemplando una superficie chiara

con due occhi, dei quali l'uno armato di vetro grigio, la chiarezza aumenta chiudendo l'occhio armato, tuttochè diminuisca la somma della luce eccitante. Il dilatarsi della pupilla dell'occhio aperto al chiudersi dell'altro non può causare per compensazione la persistenza di un egual grado di chiarezza a visione monoculare, prima di tutto perchè la dilatazione non è tanta da compensare la perdita dell'occhio chiuso, poi perchè il grado di chiarezza persiste anche quando si elimini questa eventuale compensazione, osservando attraverso un foro di costante dimensione.

Lo scopo della visione binoculare è quello di facilitare la percezione della dimensione di profondità; è quello quindi della *visione stereoscopica.* Mentre nella visione monoculare il campo visivo è rappresentato da un piano, la diretta determinazione di spazio si limita all'ordinamento di contiguità delle impressioni retiniche in questo piano e non si desumono i rapporti di profondità che indirettamente: la visione binoculare, invece, è necessariamente condizionata al rilievo della terza dimensione, e noi abbiamo una percezione corporea del suo campo objettivo anche quando manca l'elemento sperimentale pel giudizio delle distanze, elemento sperimentale, che è invece essenziale per giudicare delle distanze nella visione monoculare.

In ogni caso il rilievo diretto della terza dimensione per opera della visione binoculare è condizionata alla unità della visione, malgrado la duplicità della immagine retinica che si forma in ciascuno dei due occhi.

Ora, questa unità di visione è variamente spiegata dalla teoria di projezione e da quella dei punti identici. Amendue però debbono invocare i meccanismi di movimento dei due occhi; meccanismi, i quali, tuttochè separati, stanno però fra di loro in tale proficua dipendenza congenita da agire sempre di conserva.

Gli è perciò che noi, allo sviluppo delle indicate teorie, crediamo opportuno far precedere la conoscenza del movimento degli occhi.

§ 96. *Movimento degli occhi.*

Il campo visivo di un occhio comprende orizzontalmente 110 gradi, verticalmente da 130 a 140 gradi, tuttochè la visione distinta non abbia luogo che in quel piccolo tratto, a cui corrisponde la macchia gialla. La *linea visiva* (dalla fossa centrale all'oggetto fissato) e con relativo valore sinonima di *asse visivo* od *asse ottico* (vedi nota alla fine del §) non corrisponde esattamente all'asse geometrico o corneale del bulbo (dalla fossa centrale al centro della

cornea) ma cade sulla cornea più all'interno di esso, per modo da formare con esso un angolo di 5 gradi. Ne verrà di conseguenza, che a linee visive paralelle, gli assi corneali dovranno divergere di 10 gradi.

Per dirigere lo sguardo o le linee visive sugli oggetti, facciamo dei movimenti col corpo, colla testa e cogli occhi. Questi ultimi debbonsi ai muscoli esterni del bulbo, volontarii e ricchissimi di nervi.

Lo stato di relativo riposo o di minima attività dei muscoli del bulbo, dà luogo ad una così detta *prima posizione* degli occhi, la quale in genere si assume, quando non si fissa un determinato oggetto. In questa posizione le linee visive sono paralelle al piano verticale mediano antero-posteriore della testa ed inclinate, a testa diritta, dai 35 ai 45 gradi sotto l'orizzonte.

Il bulbo può essere paragonato ad una sfera, suscettibile di roteare su infiniti assi, dei quali consideriamo come principali: l'antero-posteriore, il trasverso e il verticale; con un centro di rotazione, il quale, secondo le determinazioni di Donders, sta a millimetri 1,75 dietro il punto mediano dell'asse ottico, epperò quindi anche al di dietro del centro ottico; e secondo le misure di Volkmann, a millimetri 11,43 a 14,13 al di dietro del punto più culminante della cornea.

Unificando colla linea visiva l'asse antero-posteriore, i tre assi del bulbo s'incrociano ad angolo retto nel centro di rotazione e prolungati attraverso l'orbita, nello stato di relativo riposo degli occhi, si trasformano in corrispondenti assi orbitali.

Dei diversi muscoli del bulbo:

I muscoli retti interno ed esterno roteano il bulbo sull'asse verticale all'interno o all'esterno.

I muscoli retti superiore ed inferiore non roteano invece il bulbo esattamente sull'asse trasversale, ma sovra un asse prossimo ad esso, che si estende dall'interno-avanti all'esterno-indietro.

I muscoli obliqui sono gli unici che impartono ai bulbi dei movimenti di rotazione sovra un asse, che più d'ogni altro si avvicina alla linea visiva, con cui forma un angolo di 38°, dirigendosi orizzontalmente all'indietro ed all'interno.

Il solo obliquo superiore rotea il bulbo all'interno e dirige l'estremità anteriore della linea visiva all'esterno ed in basso; il solo obliquo inferiore rotea il bulbo all'interno e dirige l'estremità anteriore dell'asse ottico all'esterno ed in alto. Due retti vicini possono fino ad un certo punto agire come ciascuno degli obliqui.

L'annessa figura 9 rappresenta l'emisfero posteriore del bulbo,

con una linea *divisoria verticale 1 2*, che divide la retina in due metà destra e sinistra, e con una linea *divisoria orizzontale 3 4*, che divide la retina in due metà superiore ed inferiore, d'onde quattro quadranti retinici, con incrociamento delle linee divisorie nel centro della macchia gialla.

Quando dalla prima posizione i bulbi roteano sugli assi trasversale e verticale, ovvero sovra assi intermedii, restando esclusa ogni contemporanea rotazione sugli assi ottici, abbiamo la *seconda posizione*, nella quale l'asse di rotazione giace nello stesso piano, in cui cadono gli assi verticale e trasversale; l'asse ottico si muove ad angolo retto sull'asse di rotazione; tutti i punti dell'occhio roteano in piani paralelli; i meridiani verticali delle due retine cadono ad angolo retto sul piano visivo (che comprende i due assi ottici e il punto fissato) e l'equatore retinico sta nello stesso piano visivo. Spettano alla seconda posizione quei movimenti, nei quali, dalla prima posizione, permanente il paralellismo degli assi ottici, si passa per rotazione sull'asse trasversale, alla elevazione od abbassamento, restando nello stesso piano la linea divisoria verticale; per rotazione sull'asse verticale al movimento laterale destro o sinistro, restando nello stesso piano la linea divisoria orizzontale.

Ogni qualvolta ai movimenti rotatorii sugli assi precedenti, si aggiungano quelli sugli assi ottici, abbiamo la *terza posizione*, nella quale deve necessariamente aver luogo una rotazione delle linee divisorie e di tutti i punti dell'occhio al dintorno dell'asse ottico. Rüte ha misurato il grado di questa rotazione dal grado di spostamento che subiscono le immagini postume. Fissando infatti una linea rossa verticale od orizzontale, abbiamo, come immagine postuma, una linea verde pur verticale od orizzontale, coincidente quindi colle omonime linee divisorie, quando si spostino soltanto gli assi ottici al basso od all'alto, a destra od a sinistra, per sola rotazione dei bulbi sugli assi trasversale o verticale. Fissando invece a destra alto o a sinistra basso, allora la immagine postuma appare abbassata a sinistra, elevata a destra se la linea era orizzontale, spostata a destra la sua porzione inferiore, a sinistra la superiore se era invece verticale. Ciò corrispondentemente ad un eguale spostamento delle roteanti linee divisorie orizzontali e verticali, ubicate rispettivamente in $1'$ $2'$, $3'$ $4'$ (Fig. 8) mentre uno spostamento identico, ma in direzione opposta, avviene, se si fissino gli

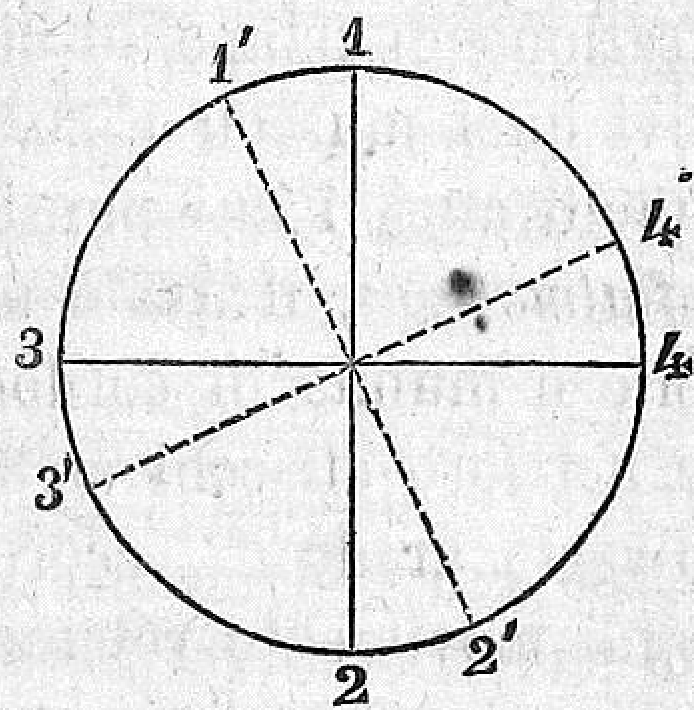


Fig. 9
Rappresenta l'emisfero posteriore del bulbo colle linee divisorie.

altri due quadranti del campo, roteando cioè gli occhi a sinistra alto o a destra basso.

La rotazione dei bulbi sull'asse ottico aumenta colle deviazioni laterali e colla elevazione ed abbassamento dei medesimi assi, raggiungendo perfino oltre a 10 gradi.

Listing ha formulato pel primo come segue la legge che presiede al movimento degli occhi: *portando l'asse ottico dalla prima posizione in un'altra qualsiasi, il bulbo si atteggia in quest' ultima, come se esso avesse roteato sopra un asse fisso, che passando pel centro di rotazione fosse verticale alla primitiva e successiva direzione dell'asse ottico.*

Questa legge, che non vale per assi ottici convergenti (verificandosi allora deviazioni non ancor bene riassunte) vale per assi ottici paralelli nel solo caso in cui si supponga, che nel corso di un movimento esso si mantenga sempre sull'uno e medesimo asse, la cui immobilità fu anzi considerata come il più necessario elemento di attività dei muscoli del bulbo. Il che però è erroneo, avendo l'esperienza dimostrato, che nella massima parte dei movimenti i rapporti non sono così semplici, e che gli assi ottici descrivono in genere delle linee curve nel passaggio da una posizione all'altra.

I movimenti del bulbo non devono essere considerati soltanto in sè stessi, ma anche in relazione ai muscoli che li determinano, poichè in ogni posizione vi hanno muscoli attivamente accorciati per più o meno estesa contrazione e muscoli passivamente stirati, d'onde una peculiarità di senso muscolare per ogni posizione dei bulbi.

Per determinare e dimostrare lo stato dei muscoli nei diversi movimenti del bulbo, Rüte, partendo dalla premessa che in ogni frazione di tempo in cui si compie un dato movimento, sieno attivi quei muscoli i cui punti d' inserzione si avvicinano, passivi quelli altri, i cui punti d'inserzione si allontanano, costrusse il suo *oftalmotropo,* il quale non è altro che una sfera liberamente roteabile e munita di cordoncini elastici, corrispondenti nel loro decorso e nei loro attacchi ai muscoli del bulbo, con una scala indicante il diverso grado di accorciamento e di allungamento dei cordoni ad ogni movimento rotatorio della sfera. Mediante questo apparato si può evincere, che a norma della diversa direzione che si vuole imprimere agli assi ottici, agiscono contemporaneamente, uno solo, due o tre muscoli del bulbo.

Agisce un solo muscolo del bulbo quando dirigiamo l'asse ottico all'interno (*r. interno*) o all'esterno (*r. esterno*).

Agiscono due muscoli del bulbo quando dirigiamo l' asse ottico all'alto (*r. superiore-obliquo i.*) o al basso (*r. inferiore-obliquo s.*).

Agiscono tre muscoli del bulbo, quando dirigiamo l'asse ottico:
all'alto-interno (*r. interno* - *r. superiore* - *obliquo i.*);
al basso-interno (*r. interno* - *r. inferiore* - *obliquo s.*);
all'alto-esterno (*r. esterno* - *r. superiore* - *obliquo i.*);
al basso-esterno (*r. esterno* - *r. inferiore* - *obliquo s.*).

I due occhi non si possono muovere indipendentemente l'uno dall'altro. Coprendone anche uno e sottraendolo quindi con questo o con qualsiasi altro mezzo allo scopo della visione, non si può, a meno di paralisi, muovere in qualunque direzione l'occhio veggente, senza che un eguale movimento si faccia anche dall'occhio non veggente. Questa accoppiata mobilità dei due bulbi è certamente dovuta ad una disposizione organica congenita, a proposito della quale null'altro sappiamo, se non che i muscoli bilaterali del bulbo hanno un centro motore comune nelle eminenze quadrigemelle anteriori e nel pavimento dell'aquedotto di Silvio. La eccitazione dei diversi punti di una sola eminenza determina dei movimenti in direzioni svariate ma sempre bilaterali, a meno che con una profonda incisione non si isolino l'una dall'altra le due eminenze. Eccitando l'eminenza destra, i bulbi roteano a sinistra e viceversa, con aggiunta di movimento di elevazione od abbassamento, quando si ecciti rispettivamente un punto mediano o laterale.

A maggiore schiarimento di quanto è detto in questo paragrafo sulla divergenza extra-oculare della linea visiva e dell'asse corneale del bulbo, aggiungiamo le seguenti indicazioni di Helmholtz (*Physiol. Optik.*) che completano l'esposto ai §§ 63, 70.

Siccome la lente cristallina col vitreo non rappresentano dei mezzi diottrici uniformi, così i raggi luminosi devono subire rifrazioni svariate. D'altra parte le superficie dei mezzi rifrangenti non appartengono esattamente alla sfera, nè stanno su di una stessa linea i centri di curvatura delle superficie medesime.

Ne viene di conseguenza che rigorosamente parlando, non vi ha per l'occhio un vero *asse ottico*, ma un *asse corneale* dal centro della cornea all'unico centro ottico dell'occhio ridotto di Listing, distinguibile dalla *linea visiva*, che dalla fossa centrale prolungata per lo stesso unico centro ottico non passa pel centro della cornea, ma più all'interno.

Riducendo infatti l'occhio di Listing ad un solo centro ottico, si trova il luogo della immagine retinica nel punto, in cui cade il prolungamento di una retta tesa dal punto luminoso al centro ottico. Helmholtz chiama questa, la *linea direttiva della visione*, per modo che l'unico centro ottico sarebbe il punto d'incrociamento delle linee direttive. Il tratto di questa linea che sta al davanti della cornea e al di dietro della lente, segnerebbe la via di un dato raggio assile di cono luminoso, che è il *raggio direttivo*, il quale non coincide colla linea direttiva della visione in quel suo tratto che intercede fra la superficie anteriore della cornea e la posteriore della lente.

Volendo invece considerare come distinti i due centri ottici, in allora

si hanno due linee direttive della visione, delle quali la prima tesa dal punto luminoso al primo centro ottico, la seconda paralella alla prima e passante pel secondo centro ottico. Laddove quest'ultima cade sulla retina, quivi è l'immagine. Il tratto extra-oculare della prima linea direttiva e il tratto intra-oculare della seconda, segnano ancora la via del raggio direttivo. Helmholtz chiama *linea visiva* il raggio direttivo che colpisce il punto della visione distinta. Il tratto rettilineo anteriore della linea visiva si estende adunque dal punto fissato del campo visivo al primo centro ottico, mentre il tratto posteriore si dirige dal secondo centro ottico alla retina. Essendosi ora ritenuto che la macchia gialla corrispondesse in genere alla estremità posteriore dell'asse ottico, si ritennero quest'asse e la linea visiva come identici, per cui chiamossi anche quest'ultima *asse visivo*. Rigorosamente però, secondo Helmholtz, le due linee sono diverse, poichè fuori dell'occhio la linea visiva sta alquanto all'interno e un po' al disopra dell'asse ottico, per cui la fossa centrale trovasi un po' all'esterno e al disotto di quest'asse.

§ 97. *Visione unica con due occhi.*

Se con ambo gli occhi fissiamo un oggetto, non lo vediamo doppio, ma semplice od unico. Così pure vediamo semplici gli oggetti vicini all'oggetto fissato, e possiamo invece veder doppii quelli, che essendo più lontani da esso, formano la loro immagine in zone retiniche assai periferiche. Osservando, per esempio, il cielo stellato, non solo vediamo semplice la stella fissata, ma anche tutte le altre. La visione doppia è più facile per gli oggetti posti al di qua o al di là dell'oggetto fissato, specialmente quando essi, per la loro chiarezza, colore od altro, richiamino maggiormente l'attenzione. È quello che avviene nell'addotto esempio dei fanali di una via, dei quali appare semplice il fissato, doppii invece i più vicini o più lontani da esso. È quello che pure avviene tenendo verticalmente due dita al davanti dell'occhio nel piano longitudinal-mediano della faccia. Se osserviamo il dito anteriore ci appare il posteriore in due immagini fiancheggianti il dito anteriore; viceversa invece se osserviamo il dito posteriore ci appare doppio l'anteriore, e se ciò constatato, chiudiamo repentinamente un occhio, resta immutata la visione del dito osservato, mentre scompare la immagine del lato opposto all'occhio chiuso se il dito osservato era posteriore, quella invece del lato corrispondente se il dito osservato era anteriore. Il che è quanto dire: che un oggetto posto al davanti del punto fissato appare doppio invertito, mentre invece appare doppio non invertito un oggetto posto al di dietro del punto medesimo (vedi fig. 10, pag. 431).

Il principale motivo per cui noi abbiamo difficilmente la doppia visione degli oggetti, si è perchè la nostra attenzione è tanto richiamata al punto fissato, da non giungere che oscuramente alla nostra percezione le impressioni più periferiche della retina, ed è tanto abituale in noi la concentrazione dell'attenzione sugli oggetti formanti la loro immagine al polo retinico, da ricondurvi tosto colla rotazione dei bulbi quella fra le impressioni periferiche, che è, per i suoi caratteri ottici, più saliente. E dev'essere molto esercitato lo sforzo di dirigere sufficiente attenzione ad un oggetto periferico, senza tosto cercare di ricondurlo alla visione polare, che naturalmente prediligiamo per la maggiore spiccatezza dell'immagine da più esatta accomodazione, e per la maggiore finezza del giudizio di località.

Altra non inconsiderevole causa d' inavvertenza delle immagini doppie è l'educazione psichica, procurataci dalla esperienza, che alle visioni, tuttochè doppie, corrisponde un oggetto unico, per modo che ne nasce l'abitudine di sconoscere la duplicità e di ritenere come effetto di sensazione diretta quella unicità che fu ricostituita soltanto in via psicologica.

Aggiungansi a queste cause: la indistinzione di forma e colore degli oggetti laterali del campo visivo; l'accomodazione al punto fissato; la vicinanza delle doppie immagini, per cui si ricoprono in parte, esigendosi oggetti assai sottili per vederle distinte.

Dimandasi però ora, quali sieno le cause per cui si vedono semplici gli oggetti formanti la loro immagine nelle circum' ambienze dei poli retinici, doppii invece quelli che la formano verso l'equatore, a malgrado che in ambo i casi le immagini sieno doppie?

A spiegare la visione semplice (con due occhi) propria specialmente della regione retinica circumpolare, s' invocarono, come dicemmo, due teorie: quella di *projezione* di Wheatstone e quella più antica di Giovanni Müller dei *punti identici della retina*, oggigiorno riprodotta.

La teoria di projezione considera la visione semplice conseguente ad una duplice impressione (nei due occhi) come condizionata da ciò: che le due impressioni, projettate separatamente all'esterno da due punti delle due retine, convergono nel rappresentatoci spazio esterno, in un punto, corrispondente al punto d' incrociamento delle linee direttive, mentre invece nella visione doppia la projezione si localizza non nel punto d' incrociamento di queste linee, ma al di qua o al di là del medesimo.

Con questa teoria quindi, la visione semplice sarebbe un'azione psicologica di riferimento esterno delle due sensazioni in un me-

desimo punto dello spazio, dove devono necessariamente fondersi, non potendo noi rappresentarci due oggetti distinti in un medesimo punto.

La teoria dei punti identici della retina parte invece dalla premessa: che ad ogni punto sensitivo dell'una retina corrisponde un punto sensitivo identico nell'altra, in forza della quale corrispondenza e di una speciale organizzazione, le due eccitazioni di due punti identici, a differenza di quelle di due punti non identici o differenti, devono necessariamente essere riferite nello stesso punto del campo visivo.

Ambedue le teorie non corrispondono intieramente ai postulati dell'esperienza, epperò ci crediamo in debito di passarle amendue in esame.

L'esperienza fondamentale prodotta da Müller a sostegno della sua teoria dei punti identici, sta in ciò: che se noi con un corpo ottuso eccitiamo meccanicamente la retina attraverso la schlerotica, premendo il bulbo, abbiamo la sensazione di una figura luminosa circolare, che in base al principio dell'arrovesciamento dell' immagine retinica, projettiamo nel campo visivo dal lato opposto a quello in cui la retina fu eccitata, per modo da vedersi il circolo in alto se la retina fu eccitata in basso, all'esterno se fu eccitata all' interno e così via. Se ora nei due occhi eccitiamo in questo modo due circoli differenti, quali, ad esempio, certamente si eccitano comprimendo amendue i bulbi all' esterno, allora otteniamo la projezione esterna di due circoli luminosi. Se invece eccitiamo due circoli identici, quali si possono ottenere premendo l'un bulbo all'esterno, l'altro all'interno, in allora si ha la visione di un circolo solo. In questo modo si può facilmente stabilire in termini generali, che sono identici fra loro: i due segmenti retinici superiori ed inferiori; il segmento esterno di un occhio coll' interno dell'altro; i due punti retinici centrali, a cui mettono capo le linee visive, poichè sempre e senza eccezione ci appare semplice un oggetto, sul quale noi dirigiamo contemporaneamente le linee suddette. Questa determinazione generale è specializzata da Müller nell'enunciato: che se noi immaginiamo di portare la retina di un occhio, quale essa sta e senza farle subire alcuna rotazione sulla linea visiva, nella retina dell'altro occhio, in modo che coincidano i due poli e combacino perfettamente le due retine, avremmo per identici tutti i punti reciprocamente toccantisi.

La divisione immaginaria della retina più comunemente adoperata per la designazione dei punti identici, è quella di considerarla divisa, come una sfera, in meridiani convergenti al polo, rap-

presentato dalla fossa centrale, e in paralelli. S' avrebbe in allora formulato il principio di Müller nell'enunciato: che sono identici tutti i punti retinici che corrispondono allo stesso meridiano ed allo stesso paralello.

Secondo Hering (e questo crediamo utile premettere per quanto verrà in seguito) possiamo considerare divisa la retina in quattro parti, da due sezioni o piani, di cui l'uno *verticale mediano*, l'altro *orizzontale mediano*, incrociantisi ad angolo retto nel polo retinico. Supponendo che il piano longitudinal mediano rotei sovra un asse perpendicolare passante pel polo, avremo divisa la retina in sempre diverse *sotto-sezioni longitudinali;* mentre l'avremo divisa in pur sempre diverse *sotto-sezioni trasversali* se immaginiamo una rotazione del piano orizzontale mediano sulle linee di congiunzione dei due poli retinici.

Se non che essendosi giudicato troppo grossolano e non applicabile che alla periferia della retina il metodo di Müller per la determinazione dei punti identici, si tentò sostituirvene altri più esatti, nella cui applicazione però si ebbe a rilevare, che noi, anche in limiti non troppo ristretti, facilmente disconosciamo la doppia immagine derivante dalla eccitazione di punti modicamente differenti, forse perchè non impariamo abbastanza bene a separare le immagini che riferiamo in ispazii poco diversi. Non si può quindi stabilire in modo assoluto, che la visione semplice di un punto somministri la prova sicura della identità dei due corrispondenti punti retinici.

Per una più esatta determinazione dei punti identici, Meissner si propose di determinare la posizione delle linee divisorie verticali ad occhi convergenti, supposto che esse in posizione primaria sieno esattamente normali alle linee divisorie orizzontali, quale però non è per la maggior parte degli occhi. Per la menzionata facilità colla quale disconosciamo la doppia immagine quando trattasi di punti retinici poco differenti, Meissner rigettò come criterio d'identità la fusione delle due eccitazioni in una sensazione unica, preferendo desumere la posizione delle linee divisorie verticali dal paralellismo della doppia immagine di una linea tesa nel piano mediano al di dietro del punto fissato. Una linea tesa su questo punto e in questo piano appare semplice quando è diretta in modo che le sue immagini cadano sulle linee divisorie verticali delle due retine, mentre una linea tesa nello stesso piano al di dietro del punto fissato, deve apparir doppia, perchè le sue immagini cadono sovra serie di punti retinici che stanno all' interno dei meridiani verticali e che quindi non sono identici. Queste immagini appajono

convergenti o paralelle a seconda dell'angolo che le linee formano col piano visivo; se appajono paralelle in allora è segno, secondo Meissner, che le serie di punti colpiti nelle due retine sono paralelle alle linee divisorie verticali. Malgrado le obbiezioni mosse a queste premesse, specialmente da Hering, pure, attesa la emendabilità degli errori che inchiudono, furono generalmente accettate col seguente principale risultato: che le linee divisorie verticali in ogni terza posizione simmetrica degli occhi, non coincidono coi meridiani verticali, ma divergono in alto, inclinate ai meridiani medesimi sotto un angolo, la cui ampiezza è determinata dal grado delle due posizioni seconde, dalle quali risulta quella posizione terza.

Contemplando un punto vicino posto sulla linea mediana a piano visivo orizzontale, la direzione delle linee divisorie sarebbe, secondo Meissner, quale è rappresentata nella figura 9, ove in essa si considerino come meridiani verticale ed orizzontale le linee *1 2*, *3 4*, come linee divisorie verticale ed orizzontale le linee *1' 2'*, *3' 4'*.

Fissando, a piano visivo orizzontale, un punto lontano 20 centimetri dalla linea fondamentale (di congiunzione dei due centri ottici) Meissner trovò una inclinazione verso l'orizzonte delle linee divisorie verticali di 88°, 17'. Dalla quale direzione recede la deviazione delle linee divisorie dai corrispondenti meridiani col diminuire del grado dell'una o dell'altra delle posizioni seconde, da cui risulta la considerata posizione terza, fino a tanto che raggiunta una posizione seconda o la posizione prima, le linee divisorie verticali ed orizzontali coincidono cogli omonimi meridiani. Per una parte adunque ad immutata inclinazione del piano visivo, la inclinazione delle linee divisorie diminuisce col crescere della distanza del punto fissato, ovvero sia col diminuire della convergenza delle linee visive, per ridursi a zero ad una distanza indefinita del punto fissato, ovvero sia a linee visive paralelle. Per l'altra parte invece, ad immutata distanza del punto fissato, diminuisce la inclinazione delle linee divisorie coll'inclinarsi all' inbasso del piano visivo orizzontale, per diventare zero ad una inclinazione di circa 45°, ed aumentare, come lo dimostra la crescente convergenza delle due immagini, coll'inclinare all'alto il piano visivo orizzontale.

Altri metodi per la dimostrazione generica della identità delle retine e della ubicazione di dati punti identici, furono ultimamente indicati ed applicati ad esatte determinazioni da Hering e Volkmann.

Col suo metodo *della sostituzione alterna dei punti identici*, Hering ha dimostrato: *che sono identici quei punti delle due retine, i cui assi di coni luminosi formano colle linee visive angoli di eguale*

grandezza ed ubicazione. Hering ha confermata questa legge con un altro metodo sperimentale di *visibile trasferenza di una immagine postuma da un occhio all' altro.* Determinando infatti una vivace immagine postuma in un occhio, chiudendo quest' occhio e fissando coll'altro una superficie oscura, v'insorge la immagine postuma dell'occhio chiuso, precisamente in punti identici a quelli nei quali insorse la immagine postuma dell' altro occhio. Destata, per esempio, nell'occhio sinistro la immagine postuma di una linea circolare di dato raggio, per esatta fissazione del suo centro, e fissata quindi coll'occhio destro la superficie oscura in un punto altrettanto distante da quest'occhio, quanto lo era il centro del circolo dall'occhio sinistro, appare al dintorno del punto fissato la immagine postuma di un circolo precisamente eguale nel suo raggio al circolo osservato dall'occhio sinistro.

Volkmann ha tentato determinare la identità dei punti retinici, adoperando un metodo misto fra quello di Meissner e quello di Hering. La sua prima posizione è l'orizzontale con linee visive paralelle. Su parete verticale al davanti degli occhi stanno due dischi roteanti, ubicati per modo, che la distanza dei loro centri di rotazione sia eguale alla distanza fra loro dei centri ottici dei due occhi e che i due centri di rotazione cadano nelle linee visive, ciascuno di essi egualmente distante dall'occhio rispettivo. Ogni disco porta tracciata, come diametro, una esile linea, che roteando il disco, assume una direzione esattamente determinabile mediante una scala. Per stabilire con questo apparecchio la direzione delle linee divisorie identiche, diretti verticalmente i diametri dei dischi, se da paralelle che erano, si convergono alquanto le linee visive, vedonsi questi diametri doppii, non paralelli, ma convergenti in alto, e per renderli paralelli devono i dischi essere roteati in modo, che i loro diametri divergano alquanto in alto. Il che dimostra che nella prima posizione di Volkmann, i meridiani verticali dei due occhi, vicino ai quali cadono le immagini dei diametri verticali dei dischi, non coincidono colle linee divisorie verticali; che queste ultime invece divergono in alto, incrociandosi coi meridiani verticali sotto un angolo, misurato direttamente dall' angolo che formano colla perpendicolare i diametri dei dischi, in quella posizione dei medesimi, nella quale le doppie immagini appajono paralelle. Sulla guida dello stesso principio si determina l'angolo d' incrociamento delle altre linee divisorie coi corrispondenti meridiani, fissando il diametro di un disco in un angolo determinato colla perpendicolare, roteando l'altro disco fino a tanto che il suo diametro desse col primo una doppia immagine paralella, e determinando

alla scala l'angolo d'incrociamento, che realmente formano i due diametri fra di loro. Per determinare poi la deviazione dai meridiani orizzontali delle linee divisorie orizzontali, si mette orizzontale l'uno dei diametri e si rotea l'altro sino a tanto che questo si copre con quello in una linea uniformemente grossa, il che avviene costantemente, quando i due diametri sono alquanto inclinati all'esterno ed al basso, d'onde è desumibile la non perfetta orizzontalità delle linee divisorie orizzontali, sibbene un certo grado di loro convergenza in alto.

È quindi in generale comune l'accordo: *che a linee visive orizzontali e paralelle, nessuna linea divisoria coincide col corrispondente meridiano*, se non che, mentre Hering ammette che la deviazione sia eguale per tutte le linee divisorie, Volkmann invece la ritiene ineguale, per modo che: *la disposizione dei punti identici non corrisponde ad una esatta copertura dei medesimi*, essendo evidente, che variando l'angolo delle linee divisorie coi rispettivi meridiani, supposta una tale rotazione degli occhi, che porti a ricoprirsi le linee divisorie verticali coi meridiani verticali, non si potrà avere contemporaneamente la copertura delle linee divisorie orizzontali cogli omonimi meridiani. Volkmann ha trovato che l'angolo sotto il quale s'incrociano le linee divisorie ed i meridiani è massimo pei verticali, minimo per gli orizzontali.

D'onde derivi questa irregolare coincidenza delle linee divisorie coi rispettivi meridiani, non è ancora accertato, ripetendola alcuni da irregolare disposizione dei punti identici, altri invece da aberrazione diottrica.

Riepilogando, si può dire: che ad ogni punto sensibile di una retina, corrisponde nell'altra un punto identico tale, che dà col primo una percezione semplice di spazio. La disposizione dei punti identici delle due retine è precisamente o, almeno, approssimativamente tale, che a date posizioni degli occhi tutti i loro corrispondenti meridiani e paralelli contengono serie di punti identici, per modo da aversi un esatto o quasi esatto ricoprimento dei punti identici delle due retine, quando però s'immaginino queste rappresentate da una superficie sferica col centro di curvatura sulla linea visiva. Fallendo questa premessa, risultano dalle ricerche come identici, a determinate posizioni, quei punti delle due retine, le cui linee direttive formano colla linea visiva angoli di eguale grandezza e di eguale ubicazione. Le piccole deviazioni da questa legge, riscontrate da Volkmann, tengono probabilmente ad aberrazione diottrica.

La posizione degli occhi, nella quale tutti i meridiani e para-

lelli contengono dei punti identici o in cui (considerate le aberrazioni di Volkmann) almeno le linee divisorie verticali coincidono coi rispettivi meridiani verticali, fu variamente indicata dai diversi osservatori. Si cambia l'ubicazione dei punti identici, quando ai movimenti dei bulbi, modificanti la direzione delle linee visive, si congiunge la rotazione di essi su queste ultime, d'onde un diverso grado di inclinazione delle linee divisorie sui rispettivi meridiani. Ritenendo come posizione prima o normale quella di perfetto riposo di tutti i muscoli dei bulbi, non vi sarà in questo caso rotazione dei medesimi, epperò la ubicazione dei punti identici in questa posizione dovrà essere considerata come la *naturale*, sia poi che abbiavi coincidenza o meno di linee divisorie e meridiani. Una posizione normale in questo senso però non è ancora con certezza determinata, motivo per cui vediamo, che mentre Meissner dà al piano visivo della sua posizione prima o normale una inclinazione di 45°, vi danno invece altri una inclinazione di 40° ed anche di 35°.

Or, a migliore intelligenza e valutazione delle due teorie invo-

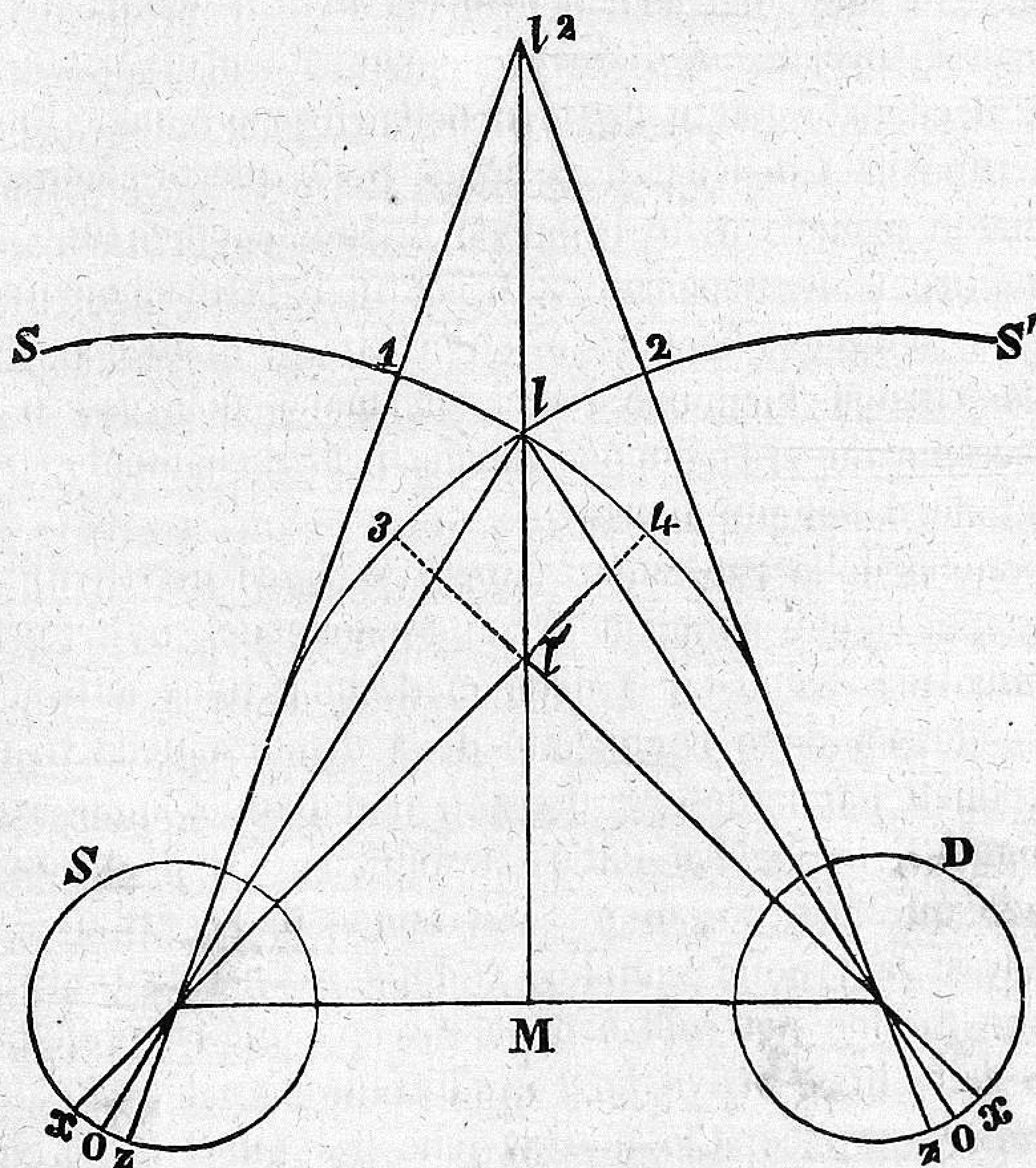


Fig. 10. Rappresenta il decorso dei raggi e la direzione della visione del punto fissato e di quello che trovasi prima ed oltre il medesimo.

cate per ispiegare la visione semplice con due occhi, facciamo precedere la fig. 10, nella quale, sulla linea mediana Ml^2, interposta ai

due occhi, destro *D* e sinistro *S*, trovansi tre punti luminosi l l^1 l^2, dei quali l^1 è al di qua, l^2 al di là del punto fissato l. Quest'ultimo è veduto semplice, perchè cade in punti identici *o o*, rappresentati dalle due fosse centrali *o o*. Tenendo fisso l, il più lontano l^2 è veduto doppio, perchè tocca due punti *z z*, che non sono identici, perchè trovantisi amendue negli emisferi nasali delle due retine. Questa doppia visione è equilaterale per modo che lasciando aperto soltanto l'occhio destro si vede la sola immagine di destra e viceversa. Il più vicino l^1 invece dà pure doppia visione, perchè colpisce due punti non identici *x x* degli emisferi retinici temporali, doppia visione però, che a differenza della precedente, non è equilaterale, per cui, tenendo aperto l'occhio destro si vede l'immagine di sinistra e viceversa.

Le doppie immagini di l^1 l^2 dovranno vedersi distare fra loro tanto più, quanto più l^1 ed l^2 distano da l, perchè in allora distano pur maggiormente da *o o*, *x x* e *z z*, tuttochè però le due immagini di l^1, equidistante con l^2 da l, distino maggiormente di quelle di l^2 per il maggior angolo che con *o* forma l^1x in confronto di l^2 *z*.

La teoria di projezione dice invece, che noi projettiamo esternamente ogni eccitato punto retinico nella direzione delle linee direttive e ad una data distanza dall'occhio. Sotto queste condizioni però non possiamo projettare in direzione e luogo opportuno alla visione semplice che un piccolissimo tratto di retina, mentre vedesi doppio tutto il resto che non è suscettibile di questa opportuna projezione. Giraud-Teulon e Nagel affermano anzi essere normalmente necessaria questa doppia visione per giustamente orientarci sulla ubicazione del punto fissato.

La direzione della projezione (lungo le linee direttive) dipende dalla conoscenza che abbiamo della posizione dei nostri occhi pel senso muscolare. La distanza della medesima tiene agli stessi elementi che determinano il concetto della distanza nella visione monoculare, quali l'apparente grandezza, il dettaglio, la interposizione di altri oggetti, il trasloco dell'osservante, il senso d'accomodazione.

Malgrado questo però, ad una variazione della distanza di projezione devesi la visione semplice o doppia con due occhi. Le immagini che cadono nel centro della macchia gialla, projettate nella direzione delle linee visive *l o l o*, s'incontrano nel punto l e danno la sensazione semplice. Ciò non avviene pei punti l^1 l^2, che appajono doppii, perchè non vengono projettati nei punti d'intersecazione delle rispettive linee direttive, sibbene invece il più distante ed equilaterale punto l^2 prima di questa intersecazione, il più vicino ed inequilaterale punto l^1 dopo questa intersecazione.

Tuttochè la teoria di projezione non abbia chiarite le cause di questa differenza nella distanza di projezione, ammise cionullameno ipoteticamente per opera di Nagel, che fissato un punto (l) la projezione delle doppie immagini (l^1 l^2) avvenga sulle superficie di due sfere (*sfere di projezione*) aventi il loro centro nel centro ottico dell'occhio ed incrociantisi nel punto fissato. Rappresentando un segmento di queste sfere colle linee S S^1, la projezione z z del punto l^2 avverrà nei punti *1 2*, quindi prima dell'incrociamento; la projezione x x del punto l^1 avverrà nei punti *3 4*, quindi dopo l'incrociamento.

A questo proposito i fautori della teoria dei punti identici domandano: perchè, mentre abbiamo la facoltà di projettare in l il punto fissato, dovremo projettare prima di l^2 o dopo l^1 i corrispondenti punti più lontani o più vicini di l? Perchè sono proprio soltanto i punti identici della retina quelli che projettiamo nel punto d' incrociamento delle linee direttive? Aggiungono che le doppie immagini di l^1 l^2 non si potrebbero vedere, come si vedono, alle distanze $M l^1$ $M l^2$, perchè in allora si fonderebbero in una sola, ma a distanze rispettivamente maggiori o minori (sulle sfere di projezione) che debbonsi necessariamente ammettere, ammettendo la projezione delle due immagini sulle linee direttive; a meno che non vogliasi ricorrere alla insostenibile ipotesi, che tutte le sensazioni vengano projettate sulle linee direttive ad eguale distanza, vale a dire, nel punto d'incrociamento di queste linee colla superficie (piana secondo alcuni, cilindrica secondo altri) contenente il punto di fissazione. Che se invece vogliasi adottare l'altra ipotesi delle sfere di projezione, in allora, prescindendo anche da ogni altra contraria risultanza sperimentale, dovrebbe apparirci, ad esempio, curva una verga retta. Lo stesso Nagel avrebbe trovato a questa sua ipotesi delle obbiezioni, alle quali avrebbe cercato rispondere con altre premesse insostenibili per i fautori della teoria dei punti identici.

Wundt, propugnatore della teoria di projezione, avanza in suo favore l'argomento, che la visione binoculare semplice o doppia dipenda dalla forma e posizione della superficie sulla quale si projettano le doppie immagini retiniche per modo, che con determinate modificazioni della superficie di projezione, si possa tanto veder doppio con punti identici, quanto non doppio con punti differenti. Hering però osserva a questo proposito, che la stessa superficie di projezione è, coi punti eccitati della retina, una creazione dell'occhio projettante. Soggiunge, che ove fosse attendibile l'argomentazione di Wundt, la immagine postuma che ridestiamo ai poli retinici colla fissazione di un punto luminoso, dovrebbe

apparirci semplice quando la superficie di projezione, rappresentata da un foglio di carta, contenesse il punto d'incrociamento delle linee visive; doppia invece ed equi o non equilaterale, quando stesse al di là o al di qua del medesimo. Il che, malgrado le affermazioni contrarie di Wundt, non avviene secondo Hering, essendosi anzi dimostrato da Volkmann, che in punti identici, quali ad esempio i poli retinici, non appare doppia nemmeno a linee visive divergenti. A questo proposito Hering suggerisce la seguente sperienza. Si desti la immagine postuma fissando un'ostia colorata; si fissi quindi la punta d'un ago, tenendo a varia distanza oltr'esso un foglio di carta. La immagine postuma è unica, posta sulla linea mediana quando su essa trovisi l'ago fissato, e tanto più grande, quanto più il foglio di carta è allontanato. Stando invece alla teoria di projezione, si dovrebbero avere doppie immagini postume, tanto più distanti fra loro, quanto maggiore la distanza della carta dall'occhio.

La teoria dei punti identici nega che la teoria di projezione risulti dalla stessa necessità di vedere gli oggetti nella loro vera ubicazione. Hering vorrebbe anzi aver dimostrato a questo proposito, che noi vediamo proporzionalmente pochissime cose al loro vero posto, verificandosi spesso, nella ordinaria visione, il risultato della sperienza, nella quale osservando due punti laterali con linee visive paralelle, si vede un solo punto mediano, il quale non corrisponde alla ubicazione dei punti osservati, nè all'incrociamento (a distanza indefinita) delle linee visive paralelle. Vorrebbesi anzi da Hering, che se ogni oggetto realmente apparisse nel punto d'incrociamento delle sue linee direttive, non sarebbe più possibile la visione con accorciamenti prospettici.

D'altra parte, contro la teoria dei punti identici, Wheatstone ha introdotta la possibilità di veder doppio con questi e semplice con punti differenti. A proposito della prima, cita l'esperienza, che osservando stereoscopicamente su piano verticale le linee *1*, *2*, *3* dell'annessa figura 11, le linee *2*, *3* si fondono in una sola, le cui estremità pajono essere a diversa distanza dall'occhio, per modo da sembrare quindi che questa linea esca dal piano della carta, mentre la linea 1 formerebbe colle precedenti fuse una croce.

Partendo con Wheatstone dalla premessa, che in questa osservazione le linee divisorie verticali delle due retine sieno verticali e che agiscano quindi su esse le linee verticali *1*, *3*, ed ammettendo pure costante la fusione delle linee verticale *3* ed obliqua *2*, sarebbe giusta la conclusione che *1* appare in luogo diverso di *3*, e che quindi ha luogo visione doppia malgrado la eccitazione di punti identici.

Facendo però stereoscopicamente questa osservazione colla interposizione di un piano verticale (una carta da giuoco) fra le linee *2*, *3*, si hanno svariate parvenze, tra le quali persino una croce per ciascun occhio; ma atteggiando gli occhi in modo, che le linee divisorie verticali corrispondano alle linee *1*, *3*, si ottiene, non la fusione di *2*, *3*, ma la fusione di *1*, *3*, che può essere meglio accertata se segnando l'una o l'altra estremità della linea *1* con un punto rosso, si vede poi apparire questo punto sul braccio verticale della croce stereoscopica. Quando quindi le linee *1*, *3* corrispondono alle linee divisorie verticali, è di esse che ha luogo la fusione, epperò la sperienza di Wheatstone non reggerebbe contro la teoria dei punti identici.



Fig. 11.
Rappresenta la disposizione di linee per la visione doppia con punti identici, secondo Wheatstone.

A proposito della seconda possibilità di veder semplice con punti differenti, Wheatstone suggerisce di osservare stereoscopicamente con un occhio due linee verticali, coll'altro due linee pur verticali ma più o meno distanti delle prime. Veggonsi allora due sole linee ad una distanza media fra le due vere distanze di ciascun pajo di linee. Supponendo che in questa osservazione fatta in prima o seconda posizione, lo sguardo di ciascun occhio sia stato fissato sulla linea sinistra, e che questa linea quindi coincida colla linea divisoria verticale, la linea destra deve colpire la retina a distanza dalla linea divisoria diversa per i due occhi; deve quindi colpire le due retine in punti non identici, epperò non dovremmo avere la fusione delle due linee destre in una sola. Più convincente ancora è a questo proposito la esperienza di osservare stereoscopicamente due circoli di diametro alquanto diverso e di vederli fondersi in un circolo solo, di diametro medio fra i due, tuttochè le due retine non sieno state colpite che tutt'al più in un solo punto identico.

I fautori della teoria dei punti identici respingono il valore critico di queste sperienze affermando, che in questi casi il veder semplice con punti differenti non è azione sensoria, come il veder semplice con punti identici, ma effetto dell'abitudine che abbiamo di fondere in una sola le due immagini, specialmente quando sono molto vicine, e conseguente difficoltà di riconoscerne, in causa appunto di questa abitudine, la doppiezza.

Contro la teoria di projezione Hering adduce l'esperienza, che osservando due punti neri segnati su carta bianca ad una distanza approssimativamente eguale a quella dei centri ottici dei due occhi,

osservando quindi questi punti con linee visive paralelle, si vede un solo punto intermedio ai due, perchè a malgrado che la projezione si faccia in due punti diversi, furono colpiti due punti identici. Senza nulla detrarre alla teoria dei punti identici, parmi che questa sperienza non sia bene ancora illustrata, poichè, se avviene che assai facilmente si fondano in un solo punto mediano i due punti laterali quando sono relativamente vicini, avviene invece che meno facilmente si fondano, tuttochè si ravvicinino assai questi punti, quando sono relativamente lontani. In questo caso anzi si possono avere due altre parvenze: la visione contemporanea, cioè, dei punti laterali e del punto mediano; la visione contemporanea dei punti laterali e di due punti mediani, risultante dal semplice avvicinamento senza fusione dei primi. In ogni caso l'osservatore si accorge di un certo smarrimento e stanchezza della vista, facendo crescere la quale coll'avvicinamento dei punti, più facilmente se ne provoca la fusione mediana. E in ogni caso l'osservatore può accorgersi che inavvertitamente converse verso il punto mediano le linee visive, distogliendo le quali da questa inavvertita convergenza, può tosto orizzontarsi nella visione dei due punti laterali, senza visione del punto mediano.

Se mettiamo al davanti di ciascun occhio un tubo nero, avente un diametro presso a poco eguale a quello del bulbo, ed una lunghezza di circa due decimetri, e se la estremità opposta dei due tubi la teniamo vicina ed anche a contatto di un foglio di carta, vediamo due aperture fino a tanto che i tubi sono paralelli, mentre invece ne vediamo una sola quando sono convergenti al punto da toccarsi l'un l'altro colle loro estremità. Se invece coi medesimi tubi osserviamo un muro lontano, abbiamo la visione di una sola apertura, anche quando i due tubi sono lontani ancora dall'essere a contatto, senza però essere divergenti o paralelli. Ciò significa che a visione vicina, per la più vicina projezione, si esige una convergenza dei tubi maggiore che a visione lontana. Però a visione lontana essendo maggiore il tratto di accomodazione, succede quello che forse avviene coi punti neri; succede cioè, che osservando nei tubi anche paralelli, possiamo vedere una sola apertura procurando coll'accomodazione vicina una convergenza degli occhi, per ottenere la quale, a differenza di quanto avviene coi punti neri, dobbiamo fare uno sforzo, perchè gli sguardi sono tenuti paralelli dai tubi. Lo stesso effetto si ripete se nell'area vicina o lontana di ciascuno dei due tubi segniamo un punto nero. I punti appajono distintamente due fino a tanto che sono due le aree, quindi sino a tanto che i tubi sono divergenti o paralelli

senza accomodazione. A visione vicina però più facilmente che a visione lontana (circa 3 metri) facendo un movimento di accomodazione si può ottenere di vedere ancora le due aree contigue e fra esse un solo punto nero, mentre a visione lontana più facilmente che a visione vicina si può ottenere l' effetto contrario di avere, cioè, la visione di una sola area, nella quale stanno ancora i due punti riducibili ad un solo con un movimento di accomodazione meno avvertito e ritornabili a due coll'avvertito cessare del medesimo. Queste esperienze potrebbero forse autorizzare alla credenza, che la fusione in un solo dei due punti osservati ad occhi liberi con linee visive paralelle, debbasi al riferimento in un solo punto delle immagini postume dei due punti per inavvertito movimento di accomodazione.

La teoria dei punti identici non ha trovato fino ad ora nella organizzazione dell'apparato visivo alcun fatto certo, che possa venirle in appoggio. Il che però non esclude una eventuale non conosciuta esistenza di questo fatto, che potrebbe risultare da una biforcazione delle fibre ottiche centrali nel chiasma, ovvero da una derivazione di fibre centrali identiche dalle eminenze quadrigemelle o dagli emisferi cerebrali per le commissure. Queste eventualità anatomiche in favore di un nesso organico tra le fibre identiche potrebbero anche trovare un appoggio nelle analogie fisiologiche dei circoli tattili e della unissona attività bilaterale di varii centri nervosi, fra i quali, ad esempio, gli emisferi cerebrali; non che nelle osservazioni patologiche di contemporanea paralisi di parti identiche dei due occhi.

D'altra parte la teoria di projezione, semplicissima in sè stessa, ed opportuna esplicatrice di molti fatti, ha in suo favore una esperienza a nostro avviso eloquentissima. Richiamando la fig. 10, l^1 si projetta in punti più lontani *3* e *4*, l^2 in punti più vicini *1* e *2*; l^1 dovrà quindi sembrarci più piccolo, l^2 più grande di quello che realmente sieno. Realizzando la figura colla osservazione di fili verticali, vediamo infatti, che fissando il filo l si ha la visione di due più piccoli fili l^1 e di due più grossi fili l^2.

Ad onta di tutto questo e di moltissime altre argomentazioni, in una lotta tuttora aperta alla più ampia discussione è arduo ed ardito un pronunciamento, che noi lasciamo agli ulteriori progressi della scienza.

§ 98. *Gara dei campi visivi.*

Anche l'esperienza fisiologica potrebbe venire in soccorso delle ipotesi anatomiche invocate dalla teoria dei punti identici, quando da essa risultasse, che due di questi punti contemporaneamente eccitati da due stimoli qualitativamente diversi, danno una sensazione corrispondente alla miscela dei due stimoli; talchè eccitando, per esempio, l'una fossa centrale con un colore e l'altra con un altro, se ne avesse il colore misto, conseguente alla eccitazione dei due colori dello stesso punto di una sola retina.

L'esperienza però dimostra che questo effetto non è, per lo meno, costante e che la incostanza sua è dovuta alla così detta *gara dei campi visivi,* o alla tendenza dell' un campo a prevalere sull' altro, per modo, che eccitando punti identici delle due retine con stimoli qualitativamente e quantitativamente eguali, nel campo comune si riferisce una impressione uniforme, la quale però non corrisponde alla somma delle due eccitazioni, ma soltanto alla metà di questa somma. Il più semplice fatto che prova questo assunto si è: che una superficie bianca, veduta con due occhi, non appare più chiara della stessa superficie veduta con un occhio solo. Si considera questo, l'effetto della gara con cui ogni retina cerca insinuare la sua azione nel campo, con vittoria divisa fra le due retine per la eguaglianza delle loro forze. L'esito è diverso però quando le impressioni contemporanee di due punti identici sono di natura diversa. Nel qual caso o l'una sola retina aquista nel campo una assoluta e costante prevalenza, o le due retine si alternano nella prevalenza medesima, fino a tanto che si stabilisce nel campo una miscela delle due impressioni. Eccitando l'una retina col giallo l'altra coll'azzurro, mediante apposizione di analoghi vetri agli occhi contemplanti una superficie bianca, ovvero anche mediante lo stereoscopio, si vede nel campo uno scambiarsi dei due colori, poi un evanescente invadere di color misto (bianco o grigio) il quale però è raro che si estenda contemporaneamente a tutto il campo; poi un ricomparire alterno dei due colori in una parte del campo, restando bianca o grigia l'altra parte, o un prevalere dell'azzurro e un graduato avanzare periferico del giallo, che finisce col sostituirsi all'azzurro e così via. L'esito di questa gara del campo visivo, che nel frattempo appare di uno splendore metallico grigio, può essere influenzato principalmente dalle seguenti circostanze: 1.° La volontà, mediante la quale si può far prevalere per un

tempo più o meno lungo, l'uno o l' altro dei due colori; questa influenza psicologica si esercita richiamando volontariamente l' attenzione e concentrandola sull' una o sull' altra delle due retine. 2.° La maggiore chiarezza dell'un campo, richiamando l'attenzione su di esso, determina la prevalenza del suo colore. 3.° Il dominio dei contorni, che si manifesta quando applicando ad un occhio un colore uniforme ed all' altro due colori diversi e limitantisi per spiccatissimo contorno, mantiensi distinta la visione di quest' ultimo, mentre per la restante parte del campo bicolorato insorge la gara col campo unicolorato, con frequente insorgenza di color misto. Lo stesso avviene se il contorno invece di essere determinato da differenza di colore, lo è da differenza di chiarezza, alla quale differenza di chiarezza o colore devesi infine la visibilità dei contorni di un oggetto, quantochè esso non risalta nel campo, se non in quanto il suo contorno diventa visibile per differenza di colore e chiarezza, influenzata anche dall'ombra, come avviene degli spigoli di un dado che noi vediamo per la diversa chiarezza delle sue faccie. È naturale del resto che l' esistenza di questi contorni in uno dei campi debba richiamare l' attenzione su di esso e neutralizzare quindi ogni effetto di gara colla identica parte dell' altro campo unicolorato.

In ogni modo è evidente che dai fenomeni e dalle leggi della gara non si ha una risposta decisiva in favore delle ipotesi anatomiche invocate dalla teoria dei punti identici, poichè mentre da una parte la incostanza della impressione mista e la facoltà di far prevalere coll'attenzione l'una o l'altra delle due, non parlano certamente in favore di un solo apparato centrale di fibre identiche, non è d'altra parte senza tale unità di apparato centrale facilmente spiegabile la insorgenza, sia pure evanescente, della impressione mista.

§ 99. *Oroptero.*

Ammessa la corrispondenza dei diversi quadranti retinici nel senso della teoria dei punti identici, è facile comprendere come nel campo visivo debbanvi essere dei punti che producono la loro immagine in parti identiche della retina e come debbanvi essere altri che la producono in parti non identiche.

La conoscenza degli uni e degli altri di questi punti ha una speciale importanza per la teoria dei punti identici, quantochè, chiamando *oroptero* il complesso di tutti i punti dello spazio che pro-

ducono la loro immagine in punti identici della retina, tutti questi punti dell'oroptero, dovrebbero, secondo la teoria corrispondente, dare la visione semplice con due occhi, mentre tutti gli altri punti non compresi nell'oroptero dovrebbero darla doppia.

Per quanto abbiamo detto sulla identità dei quadranti retinici, è naturale che la forma e l'estensione dell'oroptero dovrà variare colla posizione degli occhi.

La dottrina dell'oroptero, inaugurata da G. Müller, ed ulteriormente sviluppata da Prevost, da Meissner, da Claparede, venne ultimamente ripresa da Hering e da Helmholtz.

Per una determinazione geometrica dell'oroptero, Hering considera negli occhi paralelli due sistemi di piani; l' uno s' interseca nella linea che congiunge i centri ottici, formando delle sezioni trasversali della retina; l'altro verticale alle linee divisorie orizzontali s' interseca in una linea che ad occhi paralelli cade verticalmente sul centro ottico e forma le sezioni longitudinali. Ciascuna sezione orizzontale e verticale contiene un numero di punti, dei quali due sono rispettivamente identici nei due occhi e saranno quindi identiche le sezioni medesime. Prolungando queste sezioni fuori dell'occhio, si hanno gli elementi per la determinazione dell'oroptero, quantochè, ove due sezioni identiche dei due occhi s'intersechino fuori di essi, tutti i punti luminosi posti sulla linea d'intersecazione devono colpire sezioni retiniche identiche. Vi avrà quindi un oroptero *verticale* o *longitudinale* ed un oroptero *orizzontale* o *trasversale*, formati rispettivamente dalla somma dei punti in cui si intersecano le omonime sezioni; ed un *oroptero totale*, formato dalla somma dei punti trovantisi tanto nell'oroptero longitudinale che nel trasversale.

Nelle diverse posizioni degli occhi avremmo, secondo Hering, le seguenti forme di oroptero:

1. Quando le linee visive sono verticali sulla linea fondamentale (di congiunzione dei centri ottici) paralelle le sezioni longitudinali mediane, poste nel piano visivo le sezioni trasversali mediane (come nella fissazione di un oggetto posto a distanza indefinita nel piano mediano) in allora sono paralelli e s'intersecano quindi a distanza indefinita tutti i piani identici verticali, coincidono invece e s' intersecano quindi in ogni punto i piani identici orizzontali. In questo caso l'oroptero longitudinale è un piano verticale alle linee visive, posto a distanza indefinita; l'oroptero trasversale è lo spazio nelle sue tre dimensioni, mentre l'oroptero totale coincide coll'oroptero longitudinale. Realizziamo quest'oroptero nella contemplazione generica del cielo (a linee visive paralelle) i cui astri ci appajono tutti semplici.

2. Quando le linee visive convergono simmetricamente, come nella fissazione di un punto vicino nel piano mediano, restando paralelle e quindi verticali al piano visivo le sezioni longitudinali mediane, in allora i piani longitudinali identici convergono al davanti degli occhi e s'intersecano in rette verticali al piano visivo, fra cui quella d'intersecazione dei piani verticali mediani passa pel punto fissato. La somma delle linee d'intersecazione di tutte le paja di piani longitudinali identici forma, come oroptero longitudinale, un cilindro cavo, che il piano visivo taglia verticalmente in un circolo passante pel punto fissato e pei due centri ottici. I due piani trasversali mediani coincidono col piano visivo e le diverse paja di piani trasversali identici s'intersecano in rette, le quali sono inclinate sul piano visivo e poste sul piano mediano, per modo che i piani visivo e mediano vengono ad essere l'oroptero trasverso. I due oropteri s'intersecano nell'indicato circolo e in una linea, che da questo circolo passando pel punto fissato, cade verticale sul piano visivo. Questa linea circolare e questa retta formano l'oroptero totale, che vale pure per la convergenza asimmetrica, colla differenza che la linea oropterica verticale non passa più pel punto fissato, che trovasi bensì sulla linea circolare, ma fuori della verticale.

Può valere a schiarimento l'annessa figura 12, nella quale ad

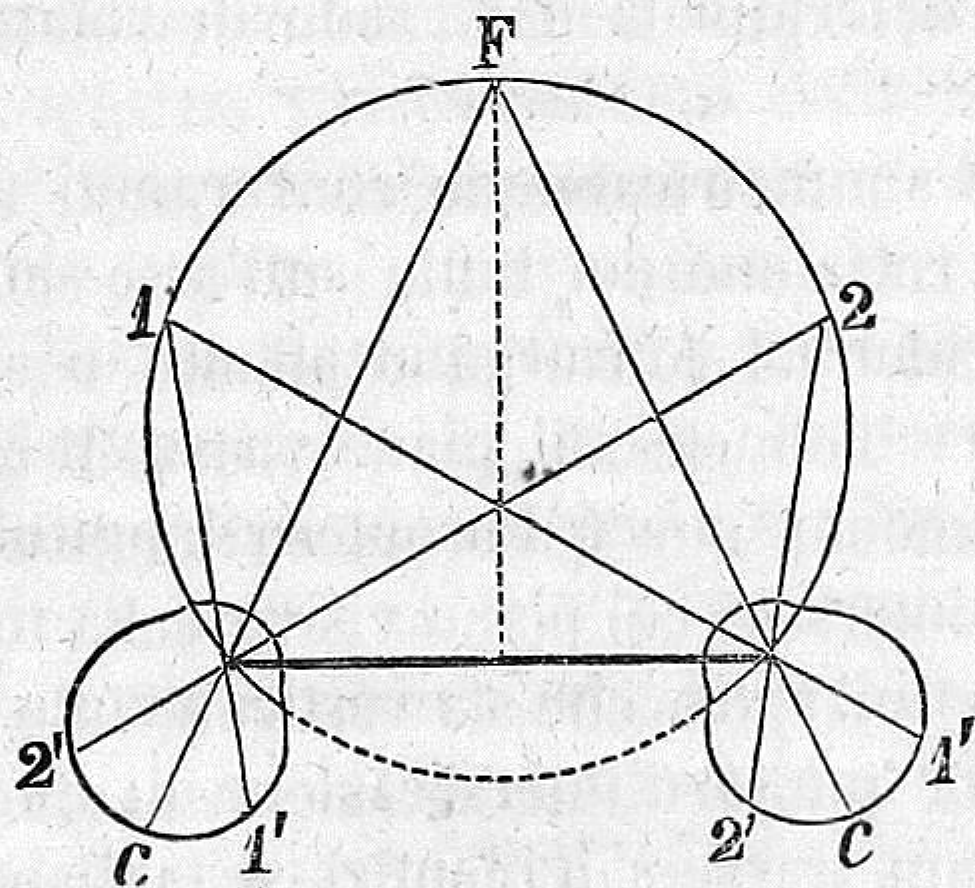


Fig. 12.

Rappresenta l'oroptero circolare a linee visive convergenti.

occhi simmetricamente convergenti è fissato il punto *F* cadente in una linea circolare che passa per questo punto e pei due centri ottici; le due retine verranno colpite nelle identiche fosse centrali *c c* e il punto *F* trovasi sulla verticale abbassata da un punto del circolo sulla linea di congiunzione dei due centri ottici. Se invece i punti dell'oroptero sono in *1* e *2*, vengono pur colpiti punti

identici delle due retine in *1' 1'*, *2' 2'*, ma i punti che in allora venissero fissati con asimmetrica convergenza, sarebbero fuori della verticale predetta.

3. A linee visive paralelle e verticali alla linea fondamentale, come nella fissazione di un punto a distanza indefinita nel piano mediano, con rotazione dei bulbi sull'asse antero-posteriore, le sezioni longitudinali mediane convergono all' alto o al basso a norma che la rotazione si fa all'esterno o all' interno, e le sezioni trasversali mediane escono dal piano visivo. In questo caso i piani longitudinali identici dovranno incrociarsi al disopra o al disotto del piano visivo in una retta paralella al medesimo ed alla linea mediana (tesa nel piano visivo verticalmente sul punto mediano della linea fondamentale) ad una distanza dal piano visivo dipendente dal grado di convergenza delle sezioni longitudinali mediane. Le linee d'intersecazione di tutti i piani longitudinali identici trovansi in un piano, che è l'oroptero longitudinale, paralello al visivo, sopra o sotto al medesimo, a seconda che le sezioni longitudinali convergono in alto o, come più spesso avviene, in basso. I piani trasversali identici s'intersecano in una retta contenuta nel piano mediano; la somma delle rette forma questo piano, che è l'oroptero trasversale. I due oropteri s'intersecano in una linea spettante al piano mediano, superiormente od inferiormente paralella al piano visivo, a distanza da esso determinata dal grado di rotazione. Questa linea è l'oroptero totale.

4. A linee visive simmetricamente convergenti in un punto della linea mediana con rotazione dei bulbi sull'asse antero-posteriore i piani longitudinali identici convergono all'alto o al basso, intersecandosi in una retta inclinata sul piano visivo. Il complesso di queste linee d'incrociamento, che è l'oroptero longitudinale, forma un cono obliquo, che s'interseca col piano visivo nella linea dell'oroptero circolare (N. 2) con un' apice che sta verticalmente al di sopra o al di sotto del posterior punto d'intersecazione di questo circolo colla linea mediana. I piani trasversali identici si tagliano in rette contenute nel piano mediano, variamente inclinate al piano visivo e formanti un piano che coincide col mediano e che è l'oroptero trasverso. I due oropteri s'intersecano in una retta contenuta nel piano mediano ed inclinata sul piano visivo. Questa retta, che è l'oroptero totale, devia dalla faccia colla sua estremità superiore al piano visivo quando le sezioni longitudinali mediane convergono in basso, devia invece colla sua estremità inferiore quand'esse convergono in alto, e il grado d'inclinazione di questa linea oropterica dipende dal grado di convergenza delle sezioni longitudinali e delle linee vi-

sive, quindi dalla lontananza del punto fissato. Di questa linea oropterica Meissner ha data una dimostrazione sperimentale.

5. Nei casi di convergenza asimmetrica delle linee visive con rotazione dei bulbi sull'asse antero-posteriore, l'oroptero totale è una curva composta, in cui trovasi il punto fissato.

Le determinazioni oropteriche di Helmholtz differiscono alquanto da quelle di Hering, pel principale motivo, che Helmholtz ha basato il suo calcolo sovra una disposizione diversa dei punti identici ed una diversa ubicazione di dati meridiani a date posizioni. Egli ammette infatti, che a linee visive orizzontali e paralelle, le linee divisorie orizzontali delle due retine si trovino nel piano visivo orizzontale, mentre invece le verticali convergono in basso, per modo da non avervi incrociamento ad angolo retto, non soltanto per le linee divisorie, ma per tutte le sezioni longitudinali e verticali. È naturale che apportando queste modificazioni alla base dei calcoli e delle costruzioni geometriche, debbano variare da quelle di Hering le risultanze oropteriche registrate da Helmholtz nel suo *Manuale di Ottica fisiologica.*

§ 100. *Visione stereoscopica.*

La visione binoculare è specialmente utile pel rilievo della terza dimensione, cui dobbiamo la conoscenza della corporeità degli oggetti e della loro diversa distanza dall'occhio. Abbiamo già accennato, come per via indiretta, vale a dire, per interpretazione di alcune qualità delle immagini retiniche non corporee, relative specialmente alla distribuzione della luce e dell'ombra, alla modificazione delle relative grandezze, al grado di distinzione e colore variante colla distanza, possiamo procurarci questa conoscenza anche colla visione monoculare. È tale anzi la influenza di queste cause, che elidendole colla visione binoculare, meno chiaramente che colla monoculare rileviamo la prospettica corporeità di oggetti non corporei. Lo sfondo generico di un quadro e quello parziale de' suoi singoli dettagli lo rileviamo meglio con un occhio solo che con due, e meglio ancora se elidendo la perturbante visione degli oggetti circostanti, concentriamo, mediante la mano conformata a tubo, la visione monoculare sul quadro. È l'artefatta dal pittore riproduzione di queste cause non elise dalla visione binoculare, quella che determina il prevalente rilievo di una simulata corporeità per opera della visione monoculare. Mancando invece alcune di esse, fallisce alla visione monoculare il rilievo di una corporeità vera, rilevata

invece dalla visione binoculare, come avviene quando togliendo gli effetti di luce e d'ombra colla uniforme illuminazione di una sfera, non sappiamo più monocularmente distinguerla dal disco.

Il rilievo della corporeità degli oggetti per via diretta è vincolato alla visione binoculare, quale precipuo effetto (secondo la teoria di projezione) di una giusta projezione stereometrica delle due immagini retiniche.

Uno stesso corpo infatti, più ancora se veduto da vicino, projetta su ciascuna delle due retine una immagine diversa per la natura prospettica di ciascuna. Se noi infatti osserviamo un dado per modo che i due angoli diametralmente opposti si trovino nel piano mediano e chiudiamo alternativamente l'uno o l'altro occhio, ci convinciamo facilmente, che l'accorciamento prospettico sotto cui appare all'un occhio è diverso da quello dell'altro.

Supposto infatti che nell'annessa figura 13 cada sovra un punto *2*

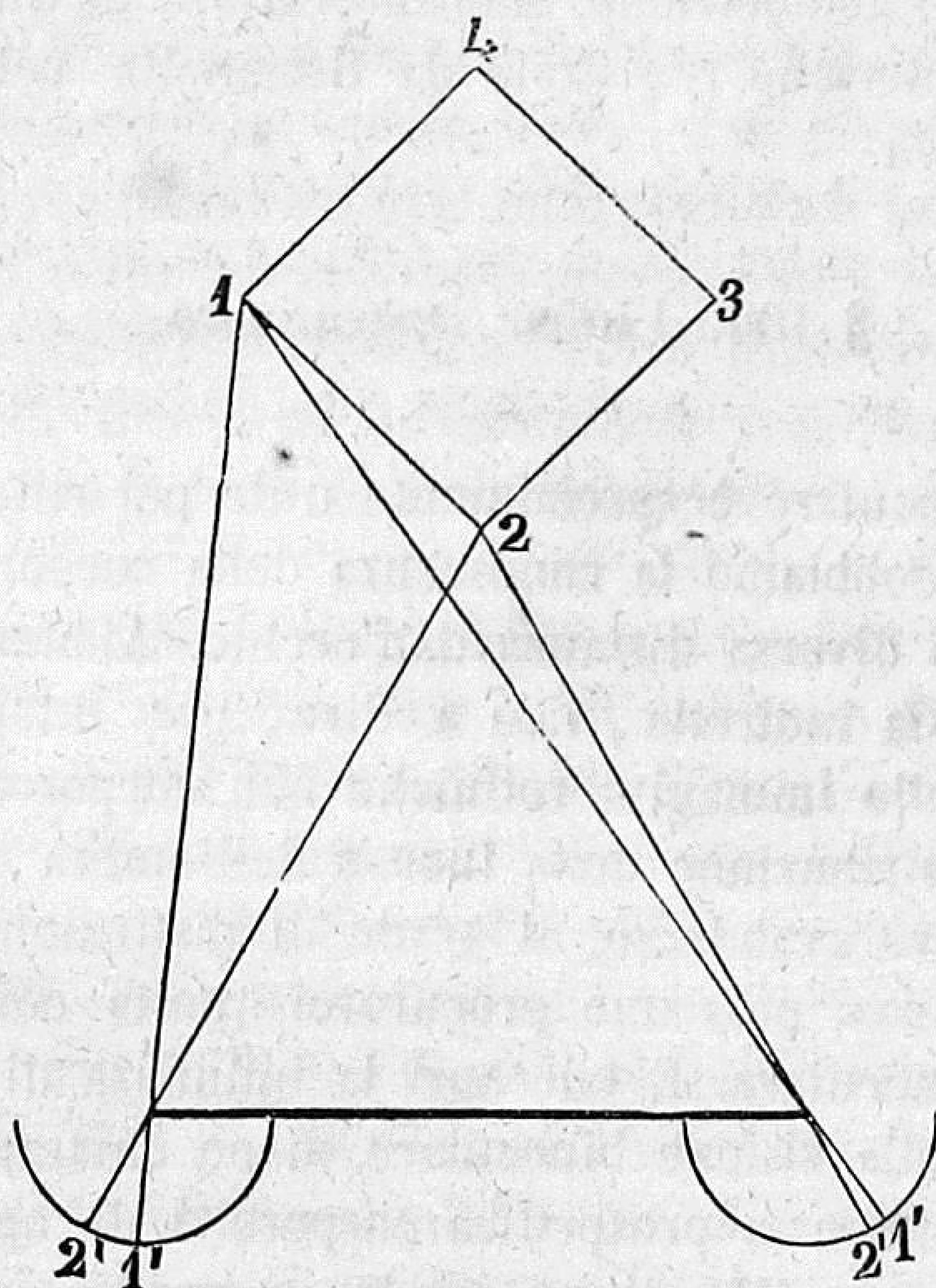


Fig. 13.

Rappresenta l'accorciamento prospettico dell'immagine retinica.

della linea mediana, un angolo della sezione *1 2 3 4* del dado, facilmente si rileva, che il lato *1 2* si projetta sulla retina dell'occhio sinistro *1' 2'* sotto un angolo molto maggiore che nell'occhio destro e che l'opposto dovrebbe accadere se tracciassimo il decorso delle linee direttive per il lato *2 3*, il quale nell'occhio destro si projetterebbe sotto un angolo maggiore che nell'occhio sinistro. La di-

stanza *1 2*, projettasi quindi sulla retina destra minore che sulla retina sinistra, avvenendo il contrario per la distanza *3 2*.

Le stesse distanze si riproducono invece egualmente sulle due retine: 1.° Quando sono ad una considerevole lontananza. Si riproduca la precedente figura portando *1 2* a quattro decimetri dagli occhi e si vedranno eguagliarsi quasi le grandezze delle immagini retiniche, perchè coll'aumentare della distanza vanno identificandosi le posizioni di ambo gli occhi rispetto a *1 2 3*. 2.° Quando sono sulla linea mediana o divise a metà da questa linea, perchè in allora la distanza *2 4* o *1 3* si produce sulle due retine in angoli eguali. 3.° Quando si trovano sulla linea oropterica circolare, ove avviene, per esempio, che le distanze *1* e *2 F* (fig. 12) si riproducano in angoli eguali sulle due retine.

In tutti gli altri casi le distanze non lontane dall'occhio formano sulle due retine immagini di grandezza diversa, sia perchè diversamente lontane dai due occhi, sia perchè soggette all'accorciamento prospettico; d'onde la conseguenza: che gli oggetti corporei, aventi sempre delle distanze in direzioni diverse, non possono mai formare delle immagini eguali sulle due retine.

Per la teoria di projezione è ora facile comprendere come avvenga il rilievo della corporeità, poichè riferendo la visione al punto d'incontro delle linee direttive, quando osserviamo l'angolo *2* riferiamo in *2* la eccitazione dei punti retinici *2' 2'*, in *1*, più lontano del punto fissato, la eccitazione dei punti retinici *1' 1'*, epperò, aquistando il concetto della diversa distanza che hanno questi due punti dai nostri occhi, vengono le due immagini superficiali della retina a ricongiungersi con effetto stereoscopico. Aquistiamo insomma questo concetto dalla riproduzione virtuale prospettica delle due immagini retiniche. Supposto che l'oggetto osservato sia una casa, le sue immagini retiniche sono superficiali, ma virtualmente, mediante la projezione prospettica, noi le convertiamo in una sola casa corporea, che tale rileviamo, come la rileviamo anche monocularmente, quando la projezione prospettica virtuale è sostituita dalla artistica simulazione prospettica di una casa dipinta.

I fautori della dottrina dei punti identici si accordano nell'ammettere questa spiegazione della visione stereoscopica, quale fu primamente data da Wheatstone. Se non che però quest'ultimo trova, nella sua stessa spiegazione, una capitale obbiezione alla teoria dei punti identici per ciò, che le immagini del punto *1* (fig. 13) cadendo in punti *1' 1'* non identici delle due retine, perchè inegualmente lontani dalle immagini *2' 2'* del fissato punto *2*, anzichè una visione stereoscopica si dovrebbe avere la doppia visione del

punto *1*. Contro questa interpretazione di Wheatstone la dottrina dei punti identici oppone l'argomento della difficoltà colla quale distinguiamo le doppie immagini vicine per poca differenza dei punti retinici impressionati. Brücke ha fatto anzi di più. Egli ha cercato di spiegare, in relazione alla dottrina dei punti identici, la visione semplice e corporea degli oggetti osservati binocularmente o delle loro immagini stereoscopiche.

Prima però di entrare in questo argomento dobbiamo far precedere qualche parola sulla visione stereoscopica delle immagini. Wheatstone fu appunto quegli, che partendo dalla teoria di projezione, presentì *a priori* (e perfettamente corrispose al suo presentimento) lo *stereoscopio*. Egli lo costrusse sul principio di procurare separatamente a ciascun occhio la visione di una delle due immagini prospettiche, le quali si formerebbero nei due occhi quando essi osservassero binocularmente il corpo corrispondente a queste immagini, per modo che nella esterna projezione risultante dalla visione monoculare di ciascuna, sovrapponendosi esse prospetticamente nel medesimo spazio, simulassero appunto la visione di questo corpo.

Per raggiungere queste condizioni non è nemmeno necessario lo stereoscopio, poichè se noi, alla ordinaria distanza visiva, fissiamo bene le due immagini di un cubo tracciato nell'annessa figura 14 nello stesso ordine prospettico, nel quale si formerebbero in ciascuna delle due retine osservanti il cubo corrispondente, otteniamo la visione corporea di questo cubo. Chi non avesse la facoltà di padroneggiare abbastanza lo sguardo potrebbe più facilmente ottenere lo stesso effetto interponendo verticalmente alle due immagini una carta da visita o da giuoco ed osservando con ciascun occhio la immagine del lato corrispondente, ovvero anche fissando coll'occhio destro il cubo di sinistra e coll'occhio sinistro il cubo di destra senza interposizione di carta.

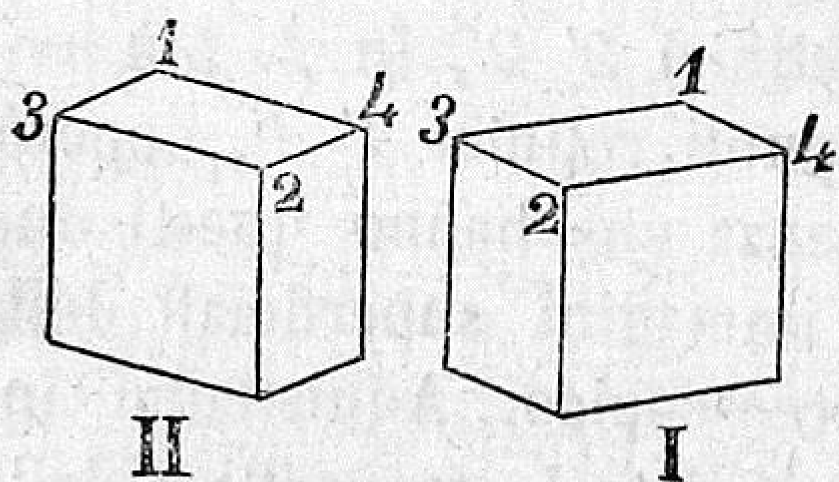


Fig. 14.

Rappresenta la disposizione prospettica delle immagini retiniche di un cubo, per la visione stereoscopica del medesimo.

Lo stereoscopio, col quale, meglio che con questi mezzi, si ottiene la trasformazione delle due immagini in un cubo, è un istrumento, il quale, mediante opportuni mezzi catottrici (Wheatstone) diottrici (Brewster) o misti (Dove) ottiene, a linee visive convergenti, la formazione distinta e separata per ciascun occhio della rispettiva immagine nel polo retinico. Stando al menzionato esempio, se noi mettiamo allo stereoscopio le due immagini nello stesso ordine in cui sono tracciate nella figura, ci appare un cubo, nel

quale riconosciamo gli angoli *1* posteriori agli angoli *2*; questi ultimi non più inegualmente distanti dagli angoli *3* e *4* per modo che *2* sia più distante da *3* e più vicino a *4* nella immagine dell'occhio sinistro, più vicino invece a *3* e più lontano da *4* nella immagine dell'occhio destro; lo vediamo invece equidistante da *3* e da *4* e perfettamente anteriore a *1*, per modo da doversi dire che l'effetto risultante da questa maniera di osservazione, rappresenta la media delle differenze che le due immagini hanno in ciascun occhio. L'effetto stereoscopico svanisce subito se si chiude un occhio ed è tanto maggiore, quant'è maggiore la differenza prospettica che passa fra le due immagini. È questo il motivo per cui nella presa stereoscopica dei paesaggi si suole aumentare questa differenza, portando i due objettivi della camera oscura ad una distanza un po' maggiore di quella degli occhi, il che riuscirebbe invece dannoso nella presa di corpi, dei quali riconosciamo la grandezza tipica. Il *telestereoscopio* di Helmholtz ha appunto per iscopo di ingrandire l'effetto stereoscopico, poichè agisce catottricamente in modo da produrre un virtuale allontanamento degli occhi osservanti, con aumento di sfondo e diminuzione di grandezza.

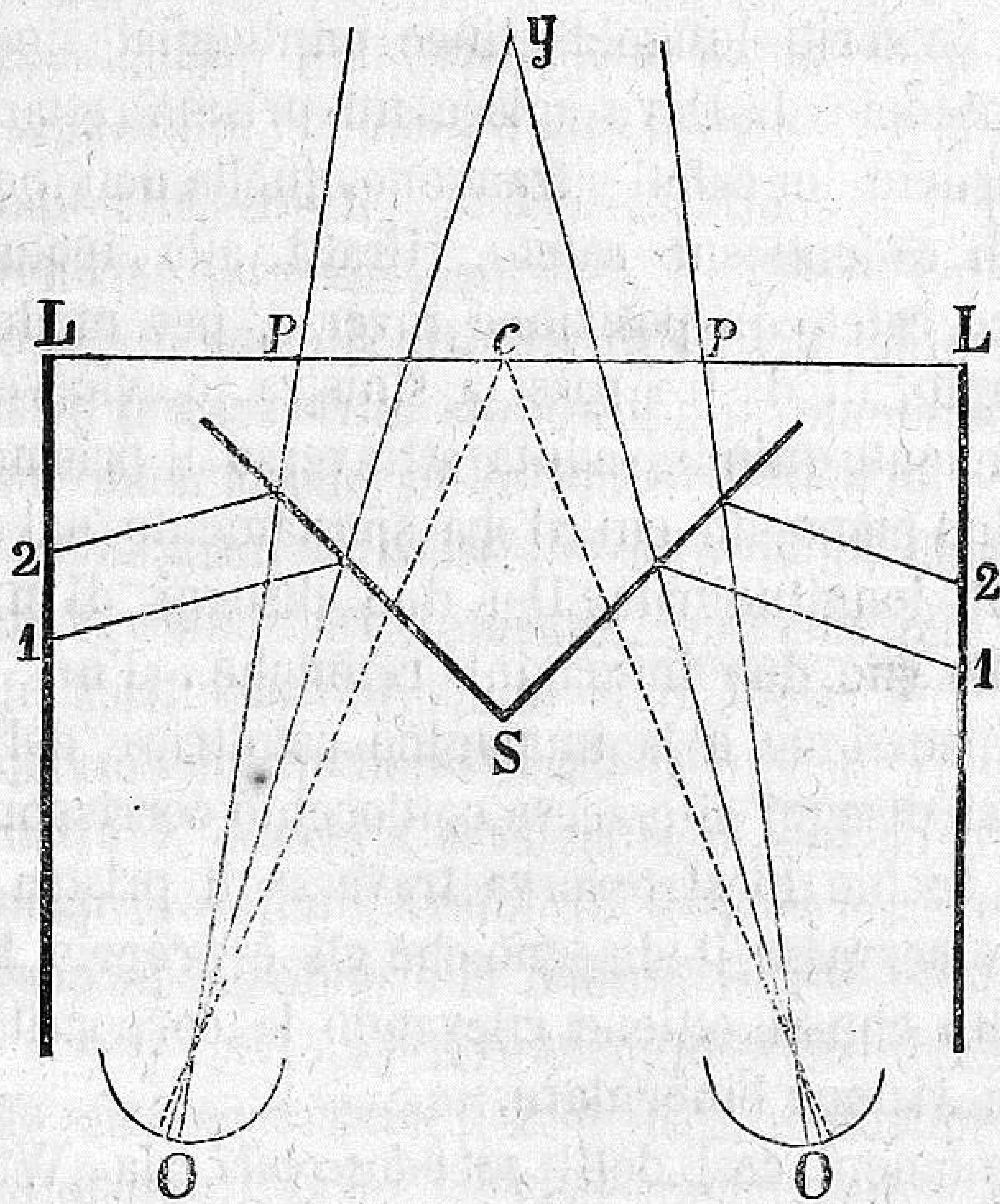


Fig. 15.

Rappresenta il principio di costruzione dello stereoscopio di Wheatstone e Brewster.

Nell'annessa figura 15, che rappresenta il principio su cui è costrutto lo stereoscopio di Wheatstone, due specchi incontrantisi ad

angolo retto in *S*, ricevono dai dipinti laterali *L L*, formanti angolo di 45° col rispettivo specchio, i raggi *1 1*, *2 2*, che venendo riflessi dagli specchi sotto un angolo eguale a quello d'incidenza, colpiranno la retina degli occhi *O O* in punti corrispondenti alla direzione della loro riflessione, lungo la quale riferendosi la visione, si avrà la percezione della maggior vicinanza del punto *y* in cui s'incrociano i prolungamenti dei raggi *1 1*, della maggior lontananza del punto *x* in cui s'incrocieranno i poco convergenti prolungamenti dei raggi *2 2*, per modo che, se il disegno rappresentasse una linea, essa dovrà sembrarci come se fosse perpendicolare al piano di projezione.

Nel più comunemente adoperato stereoscopio di Brewster, ogni occhio guarda attraverso la metà di una lente convergente (di sei a sette pollici di distanza focale) o attraverso un prisma, che volge all'esterno la sua parte più grossa. Con questo mezzo si devia a destra la immagine di sinistra, a sinistra quella di destra per modo da facilitare la sovrapposizione delle immagini dei due disegni posti a quest'uopo sulla linea *L L*. Se infatti le due immagini sono rappresentate dai punti *p p*, i loro raggi *p o*, *p o*, deviati nel senso indicato per opera della lente o del prisma, non rappresentato nella figura, saranno riferiti lungo le linee punteggiate in *c*.

Nello stereoscopio di Dove agisce un prisma rettangolare equilatero. Le superficie dei cateti rifrangono, quella dell'ipotenusa riflette. Raggi paralelli cadenti sul cateto, rifratti alla ipotenusa vengono riflessi all'altro cateto in posizione inversa, per modo che il raggio, per esempio, di destra passi a sinistra e viceversa. L'immagine corrispondente quindi, veduta attraverso il prisma, appare come in uno specchio piano, in cui vi ha spostamento nel senso trasversale e non nel longitudinale. Dei due disegni di un oggetto corrispondenti alle sue due immagini retiniche, l'un disegno non è altro che la inversione o la immagine catottrica dell'altro. Se ora l'uno di questi disegni si osserva coll'occhio corrispondente, mentre che coll'altro occhio lo si osserva traverso il prisma, sarà come se quest'ultimo osservasse il disegno che gli è proprio. Epperò avremo lo stesso effetto che si ottiene rilevando la corporeità degli oggetti corporei colla visione binoculare.

Anche i fenomeni cosi detti *pseudoscopici* da Wheatstone sono di spettanza della visione stereoscopica. Consistono questi nella inversione dei rapporti di distanza, per cui sembrano cavità le prominenze ed inversamente. Questi effetti non si ottengono soltanto allo stereoscopio, ma anche nella visione diretta dei corpi. Molte volte avviene di veder convertite in evanescenti prominenze delle

depressioni di corpi persistentemente fissati con uno o due occhi. L'effetto però è più palese armando l'uno o i due occhi di prisma rettangolare.

Venendo ora alla interpretazione che della visione stereoscopica fu data dai fautori della teoria dei punti identici, Brücke incomincia dal negare che la percezione corporea sia il risultato della fusione di due diverse immagini nel medesimo spazio. Egli ammette invece che sia il risultato della fusione in un tempo unico di una serie di sguardi identici coordinati da successive diverse convergenze delle linee visive sull'oggetto osservato. Stando al precedente esempio del cubo, supponiamo di fissare tutt'a prima gli angoli *2 2* che ci appajono fusi in un angolo solo, perchè le loro immagini cadono in punti retinici identici (di fissazione). Durante però la fissazione di *2*, gli angoli *1*, *3*, *4* e tutti gli altri punti non cadenti nell'oroptero ci appajono doppii, perchè interessano punti retinici non identici. Si scambiano quindi continuamente i punti di fissazione fino a tanto che tutti i punti identici dei due disegni, per essere passati per gl'identici punti retinici di fissazione e per essere caduti nell'oroptero, ci appajono semplici. Questo scambio di sguardi sarebbe così rapido ed inavvertito, da farci credere effetto di un solo ed immobile sguardo, ciò che è invece l'effetto di una serie di sguardi. Ci sembra contemporanea la visione *1* e *2*, epperò amendue ci sembrano semplici, perchè ci sfugge il tempo intercedente fra le due visioni, specialmente ove si consideri che l'attenzione, vincolata alla fissazione, si distacca da *1* nella fissazione di *2*, per cui, a meno di prolungato e laborioso esercizio, facilmente ci sfugge la duplicità di *1*. L'unicità dell'oggetto risulterebbe quindi, secondo Brücke, dalla ricomposizione psicologica di un aggregato di parziali impressioni successive in punti identici, mentre poi la corporeità del medesimo sarebbe, secondo lo stesso Brücke, il risultato dell'attività del senso muscolare, emergente specialmente dai retti interni pel diverso grado di convergenza degli assi.

A questa ingegnosissima teoria di Brücke si muovono due capitali obbiezioni. La prima, che essa non ispiega tutti i fenomeni relativi alla visione stereoscopica. La seconda, che è possibile questa visione anche quando è reso impossibile il cambiamento di sguardo.

Tra i varii fenomeni non ispiegati dalla teoria di Brücke vi è quello della fusione stereoscopica in una sola zona circolare a media larghezza, di due zone circolari diversamente larghe ed a raggio alquanto diverso. Se in questa sperienza gli sguardi sono diretti ai centri dei due circoli, nessuno dei punti retinici sui quali cadesse l'immagine del circolo minore nell'occhio, per esempio, sinistro,

sarebbe identico con qualsiasi punto colpito nell'occhio destro dal circolo maggiore; se invece gli sguardi fossero diretti ad un punto della periferia, tutti gli altri punti della medesima cadrebbero in punti non identici delle due retine; eppure si ha la visione di una sola zona circolare, come se al davanti di ciascun occhio stesse una zona circolare di egual diametro. Questa esperienza avanzata da Wheatstone contro la teoria dei punti identici, come prova della possibilità di veder semplice con punti non identici, fu nel proprio senso interpretata dalla teoria dei punti identici, che impugna invece, come a sè stessa esiziale, l'altra possibilità invocata da Wheatstone, di vedere cioè doppio con punti identici.

La seconda obbiezione è mossa dagli stessi fautori della teoria dei punti identici, che sostengono la possibilità, aquisibile coll'esercizio, di tenèr fissi gli sguardi, per esempio, in *2 2*, mentre attendendo a *1* ci appare doppio, ma non così evidentemente doppii ci appajono *3* e *4*. Che se il disegno venga allontanato dall'occhio e fissato 2, allora è impossibile riconoscere la doppiezza di qualsiasi altro angolo, malgrado che nell'alterna chiusura dell'uno o dell'altro occhio riconosciamo ancora la differenza fra i due disegni e quindi la non confluenza delle due immagini. Nello stesso modo, con ogni altra immagine stereoscopica e con immobile punto di fissazione, possiamo convincerci che alcuni punti ci sembrano doppii, mentre altri non esistenti nell'oroptero ci appajono semplici malgrado ogni sforzo per vederli doppii. Ci sembrano cioè doppii quelli che superano di un certo grado la non identità dei punti retinici, mentre invece appajono ancor semplici quelli altri che non giacciono troppo lontani dai rispettivi punti identici; per cui ci sembrano più facilmente doppii quelli, la cui immagine cade per l'un occhio a destra, per l'altro a sinistra del punto di fissazione, ed appajono invece più facilmente semplici quelli altri, che giacciono nel quadrante retinico identico dallo stesso lato del punto di fissazione, ma solo a diversa distanza da esso.

Con queste considerazioni vuolsi quindi obbiettare a Brücke: potersi ottenere la visione stereoscopica anche senza migrazione di sguardo, ma per semplice identità o quasi identità dei punti retinici colpiti dalle due immagini.

Prescindendo da questa spiegazione che danno i fautori della teoria dei punti identici, l'opinione di Brücke fu pur combattuta da Dove colla dimostrata possibilità di vedere stereoscopicamente anche quando le immagini sono istantaneamente illuminate dalla scintilla elettrica, che durando meno di un mille millesimo di minuto secondo, rappresenta un tempo troppo breve rispetto a quello che si

esige per ottenere la benchè menoma migrazione di sguardo. Lo stesso risultato si ottiene, se a questo mezzo, per evitare il perturbante inconveniente della oscurità precedente alla osservazione, si sostituisce quello di una istantanea visione della immagine stereoscopica, tosto sottratta allo sguardo per interposizione di qualche sipario. E il risultato è costante nell'ottenere, per esempio, la fusione di due linee in una sola, la fusione di due paja di linee paralelle a distanza diversa in un solo pajo, a distanza media, purchè però, secondo i fautori della teoria dei punti identici, la differenza delle due immagini non superi certi limiti e non renda quindi eccessiva la non identità dei punti retinici.

La teoria di Brücke, non accettata dai fautori dei punti identici, lasciò aperto alla discussione il come, prescindendo dalla teoria di projezione, avvenisse la visione stereoscopica.

Questa discussione comprende evidentemente due problemi da sciogliere. Il primo, come nella visione stereoscopica si abbia unità d'immagine, malgrado sieno colpiti punti retinici non identici. Il secondo, come avvenga che l'unica immagine assuma la terza dimensione o la dimensione corporea.

Il primo problema fu ventilato specialmente da Panum, da Volkmann e da Hering. Panum lo scioglie facilmente ammettendo che la visione semplice di due immagini a debole non identità dipenda da ciò: che ad ogni punto sensibile dell' una retina corrispondano molti punti sensibili dell'altra, i quali col punto eccitato della prima danno una sensazione semplice. Questa ipotesi è combattuta da Volkmann con varii argomenti, fra i quali uno che serve di base alla soluzione ch'ei tenta dare allo stesso problema, e che può riassumersi nel seguente enunciato: non essere detto, cioè, che le impressioni in punti poco identici debbano necessariamente fondersi, potendo noi coll'attenzione vedere la duplicità delle immagini, che, mancando l'attenzione, si fondono a furia d'esercizio in una sola, per la quasi identità dei punti che colpiscono. Volkmann sostiene il suo enunciato con una serie di esperienze applicate anche a determinare il limite di non identità compatibile colla visione semplice, limite che sarebbe minore in direzione verticale che nella orizzontale, e che sarebbe anche riducibile coll'esercizio. Quest'ultima circostanza toglie naturalmente la possibilità di spiegare anatomicamente la visione semplice con punti poco differenti.

A questa spiegazione, che possiamo dire psicologica, di Volkmann, Hering ne sostituì una fisiologica ammettendo: che la visione semplice con punti poco identici sia un' azione congenita, non punto derivante da un successivo esercizio di fondere in una sola le due immagini.

Egli parte dal principio, che come le sensazioni in genere sono tanto più difficilmente distinguibili, quanto più simili sono fra loro, così le sensazioni luminose possono tanto più difficilmente rilevarsi separate, quanto meno diversificano di colore e di spazio. Ora, siccome due immagini che cadono in punti poco differenti sono molto analoghe fra loro, così le confondiamo congenitamente in una sola ed è soltanto coll'esercizio che arriviamo a rilevare quelle piccole differenze, che ce ne fanno riconoscere la doppiezza.

Il secondo problema si riferisce alla visione corporea delle due immagini fuse. Volkmann la vuole aquisita dicendo, che collo stesso esercizio, mediante il quale impariamo a confondere due immagini in punti poco identici in una sola, impariamo pure a localizzarle al davanti ed al di dietro del punto di fissazione. Non è a negarsi infatti che siavi uno stretto nesso fra la fusione stereoscopica e il rilievo della profondità; prova ne sia che mettendo allo stereoscopio due disegni identici non danno questo rilievo, perchè mancano le condizioni per la fusione delle due immagini. Ciò non indica però ancora che le condizioni sieno comuni ai due momenti, e Panum l'ha dimostrato col fatto, che per il rilievo binoculare della profondità, non è strettamente necessaria la fusione delle due immagini, potendosi avere contemporaneamente questo rilievo e quello della immagine doppia. Ad ogni modo la maggiore difficoltà che incontrano i fautori della visione binoculare corporea aquisita sta appunto nel designare la natura dei momenti psichici che determinano la giusta localizzazione delle due immagini. E tale difficoltà è pure aumentata dalla circostanza, dell'essersi dimostrato da Panum, non essere indispensabile la coesistenza delle due immagini per la loro localizzazione, poichè se allo stereoscopio ne vediamo una sola nascondendo l'altra, aquista ciò malgrado la sola immagine veduta un giusto valore corporeo.

Anche in questo secondo problema, come nel precedente, Hering, alla teoria psicologica di Volkmann, tentò sostituire una teoria fisiologica. Secondo Hering, ogni eccitato punto retinico, oltre alla sensazione di luce, dà un senso congenito di spazio, che comprende le tre dimensioni e che riferiamo in data lontananza ad un dato punto del campo visivo, determinato questo punto dalla direzione della visione sulla guida dei sensi di lunghezza e larghezza. La lontananza non può essere relativa al senziente, che non è ancora educato a conoscere sè stesso, ma al punto di fissazione, che rappresenta il punto cardinale di tutti i primitivi rapporti di spazio. Ogni punto retinico, per mezzo di quel determinato senso di distanza che eccita, ha un determinato coefficente, che sarebbe a zero pel

polo retinico e per tutti i punti della linea divisoria verticale, mentre invece le due metà della retina divisa da questa linea, avrebbero due coefficenti diversi per ciò, che le due metà interne avrebbero un coefficente positivo di lontananza o di localizzazione al di là del punto di fissazione, e le due metà esterne un coefficente negativo di vicinanza o di localizzazione al di qua del punto medesimo. I coefficenti di distanza dei singoli punti di ciascuna metà della retina formano un sistema accoppiato, analogo a quello dei coefficenti di lunghezza e larghezza, nel senso, che il valore dei coefficenti positivi e negativi aumenta colla distanza dalla linea divisoria della sezione longitudinale a cui appartiene un dato punto retinico. Quanto più quindi un punto della linea divisoria orizzontale dista dal polo verso il naso, tanto più oltre il punto di fissazione riferisce esso la lontananza, mentre tanto più al di qua di questo punto la riferisce, quanto più dista dal polo verso l'esterno. I coefficenti di distanza avrebbero quindi una disposizione diversa da quelli di lunghezza e larghezza. Questi ultimi corrispondono ai punti identici nel senso di ricoprimento delle due retine; i primi invece hanno in questo senso un valore eguale ma inverso. Ne deriva, che i punti identici che danno visione semplice perchè hanno un coefficente di lunghezza e larghezza eguale, non saranno identici rispetto al coefficente di distanza, che è opposto nei medesimi, per cui vedremo gli oggetti nella stessa direzione, ma ad eguali distanze al di qua e al di là del punto di fissazione. Se le due impressioni sui due punti identici sono perfettamente eguali, in allora i due eguali ma opposti coefficenti di distanza si elidono a zero, vale a dire che la visione semplice appare alla stessa lontananza del punto fissato, in un piano che cade per quest'ultimo verticalmente sul piano visivo e che Hering chiama il *piano fondamentale* del campo visivo. Tutti i punti luminosi quindi che cadono in punti identici, epperò nell'oroptero, vengono riferiti in questo piano, nel quale appajono infatti quando si eliminino tutti gli elementi educativi della visione corporea, come appunto avverrebbe, secondo Hering, quando contempliamo allo stereoscopio due disegni perfettamente congruenti, che non ci danno effetto stereoscopico. Se il punto esterno è nell'oroptero verticale, in allora designandosi essi in sezioni della retina che sono identiche longitudinalmente ma non orizzontalmente, appare doppio, ma, in analogia con quanto ammette la teoria dei punti identici, vien veduto semplice se la non identità è poca e vien riferito ancora nel piano fondamentale, perchè gli opposti valori eguali dei coefficenti di distanza delle due sezioni longitudinali identiche si elidono. Gli è di tal guisa che Hering nega la giusta

localizzabilità in lontananza dei punti oropterici, specialmente dell'oroptero longitudinale, poichè tutti questi punti sono riferiti nel piano fondamentale e non possono riferirsi alle giuste loro distanze, se non mediante il sussidio di aquisiti mezzi educativi. Il riferimento diretto in giusta lontananza non avviene, secondo Hering, se non per quelle parti del campo visivo che sono fuori dell'oroptero; per cui, tutti i punti che sono fuori dell'oroptero longitudinale e tutte le rette non decorrenti in un oroptero parziale, devono apparire fuori del piano fondamentale al davanti o al di dietro del medesimo. Supposto che la immagine di un punto cada sopra sezioni longitudinali differenti delle due retine, si hanno due immagini, che per la poca differenza si fondono in una sola, però a distanza diversa e quindi con una distanza fra le due immagini, che corrisponde alla media aritmetica dei due coefficenti di distanza. Questa media non può mai essere eguale a zero, ma deve sempre avere una certa grandezza positiva o negativa, inerente ad una determinata distanza delle due immagini al di dietro o al davanti del piano fondamentale. Quanto maggiore sarà quindi la differenza delle sezioni longitudinali a cui spettano le due immagini, tanto maggiore dovrà essere il loro valore di lontananza positiva e negativa. Per attenerci ad un esempio semplice, consideriamo la localizzazione in lontananza delle due immagini di quei punti che si trovano nell'oroptero trasversale e che formano quindi la loro immagine in sezioni trasversali identiche. Ammettendo che le linee divisorie orizzontali si trovino nel piano visivo per fissazione di un punto vicino l sulla linea mediana (fig. 10) appare doppio incrociato l^1 in $3, 4$, doppio non incrociato l^2 in $1, 2$. Nella visione ordinaria però queste doppie immagini possono anche, entro certi limiti, apparir semplici. Ciò premesso, le immagini retiniche di ciascuno dei due punti l^1 l^2 si troverebbero in metà simmetriche delle due retine, esterne x x pel punto vicino l^1, interne z z pel punto lontano l^2 e in ambo i casi equidistanti dalla linea divisoria verticale. Le due immagini retiniche di ciascuno dei due punti hanno quindi un coefficente dello stesso valore negativo per l^1, positivo per l^2. La profondità media quindi spettante alle due immagini fuse di l^1 ed l^2 sarà eguale al coefficente positivo o negativo di ciascuna delle due immagini nel senso, che l^1 appare a determinata distanza al davanti del punto di fissazione, l^2 a determinata distanza al di dietro di esso e tanto più da esso lontano nei due sensi, quanto maggiore la distanza delle sezioni longitudinali a cui spettano le immagini retiniche dalla linea divisoria verticale, quanto maggiore quindi il loro coefficente positivo o negativo. Se invece i punti l^1 l^2 non sono sulla linea mediana,

ma lateralmente ad essa, in quella parte però del piano visivo che possa essere compresa dalle linee visive, in allora le immagini si fanno ancora su metà simmetriche, ma a distanza diversa dalle linee divisorie verticali, epperò vengono ad avere coefficenti omonimi, ma di valore diverso. Il valore medio quindi del coefficente di ciascuna delle due immagini fuse di l^1 l^2 è alquanto maggiore del coefficente positivo o negativo dell'una, alquanto minore del coefficente positivo o negativo dell'altra, ma il valore di lontananza positiva o negativa è tanto maggiore, quanto maggiore è la differenza delle sezioni longitudinali. Se il punto luminoso si trova invece fuori di quella parte del piano visivo che è compresa dalle linee visive, le due immagini cadono sovra corrispondenti metà della retina, con coefficenti opposti e di valore diverso. Quì pure la distanza della doppia immagine fusa, corrisponde alla media aritmetica dei coefficenti di ciascuna. Questa media è positiva per le immagini non incrociate, perchè quivi il coefficente positivo dell'una immagine è sempre maggiore del coefficente negativo dell'altra; è invece negativa per le immagini incrociate, perchè quivi è sempre il coefficente negativo superiore al positivo. Le prime immagini dovranno quindi apparire al di dietro, le seconde al davanti del piano fondamentale, dipendendo ancora dal grado di differenza delle sezioni longitudinali a cui spettano le singole immagini, la lontananza a cui al davanti o al di dietro del piano fondamentale appare la doppia immagine.

Hering sostiene la sua teoria, applicandola alla spiegazione delle visioni stereoscopiche. Tra queste, per esempio, quella in cui due circoli di diametro alquanto diverso appajono allo stereoscopio come un circolo solo (di diametro medio fra i due) prominente però sul piano della carta come se fosse roteato sovra un asse longitudinale. In questo caso le doppie immagini dei punti periferici superiore ed inferiore, spettanti a sezioni longitudinali identiche, rappresentate dalle linee divisorie verticali, appajono nel piano fondamentale del campo, mentre invece le doppie immagini dei punti laterali, spettanti a sezioni longitudinali differenti, vengono ad avere dei coefficenti positivi e negativi, massimi pei punti laterali estremi, pei quali è massima pure la differenza delle sezioni longitudinali. Ne verrà quindi che dovremo riferirli al di qua e al di là del piano fondamentale, come se il circolo fosse roteato nel senso indicato.

Come poi, secondo la stessa teoria di Hering, non si dovrebbe poter rilevare per via congenita la corporeità degli oggetti fissati per la verificantesi elisione di coefficenti opposti ma di valore eguale, così lo stesso Hering, dalla gara dei campi (§ 98) dalla pre-

valenza dell'uno sull'altro e dalla conseguentemente evitata elisione dei coefficenti, reclama la possibilità della suddetta visione, coadjuvata da quanto nel citato § dicemmo intorno alla influenza che sulla gara dei campi hanno i contorni degli oggetti osservati.

La ingegnosissima teoria di Hering, mantenendo il principio della identità dei punti retinici, spiega assai bene la visione stereoscopica, escludendo la teoria di projezione. Il vuoto che essa lascia sta principalmente nella dimostrazione che il senso di profondità sia proprio qualche cosa di congenito, o quanto meno nella dimostrata esclusione della sua provenienza aquisita.

§ 101. *Loschezza.*

Nella loschezza le linee visive non s' incrociano nell' oggetto osservato (teoria di projezione) o non sono colpiti punti retinici identici, per cui mancando la corrispondenza dei campi visivi, appare doppio perfino lo stesso oggetto fissato. È quello che possiamo artificialmente riprodurre vedendo doppia la fiamma della candela osservata coi due occhi, dei quali uno sia smosso con un dito. Se i rapporti sono tali, che le due immagini sieno vedute a diversa altezza, la più bassa sembra più vicina e spesso anche più piccola. La spiegazione sta forse in ciò, che dirigendo lo sguardo orizzontalmente, ci sembrano più vicini i punti sottoposti dei sovrapposti, per la esperienza aquistata, che sono in genere più vicini i punti che rileviamo a sguardi abbassati, mentre invece sono in genere più lontani (astri) quelli che rileviamo a sguardi elevati.

Per determinare la direzione della doppia immagine da loschezza, Graefe mette al davanti degli occhi ed a lontananza dai medesimi una tavola divisa in tanti quadrati numerizzati ed avente nel centro una fiamma che può essere rimossa a destra o a sinistra, in alto od in basso. Ad ogni posizione della fiamma il losco deve indicare il quadrato in cui cade la doppia immagine, dalla cui ubicazione si può calcolare la posizione degli occhi, perchè l'apparente distanza delle due immagini sta alla eccentricità dell'immagine retinica nell'occhio losco, come la lontananza della tavola dal centro ottico sta alla lontananza di quest'ultimo dalla retina.

§ 102. *Visioni entoptiche.*

Diconsi *entoptiche* quelle visioni, le quali non dipendono da esterna ma da interna eccitazione del nervo ottico, per peculiarità di condizioni generalmente inerenti all' apparato diottrico dell'occhio od anche alla stessa sua retina.

Le visioni entoptiche possono distinguersi in *positive* e *negative*. Diciamo positive quelle che danno gli effetti di una eccitazione positiva degli elementi retinici; negative invece quelle altre che danno gli effetti della mancata o minore eccitazione di un gruppo di elementi retinici frammezzo ad altri elementi più fortemente eccitati. Esempio delle prime lo abbiamo, quando in perfetta oscurità ad occhi chiusi, senza causa nota, vediamo apparire scintille o svariate figure luminose nel campo visivo. Esempio delle seconde lo abbiamo, quando essendo la retina eccitata dalla luce esterna, sovra alcuni de' suoi elementi si projettano ombre di corpi esistenti nell'occhio, per cui questi elementi essendo meno fortemente eccitati dei circostanti, danno appunto la visione di un'ombra. Questo secondo genere di cause essendo più generale e più frequente, ne deriva che sieno pur più generali e frequenti le visioni entoptiche negative. Si possono però anche avere visioni entoptiche miste, quando agiscano contemporaneamente le cause di visione entoptica positiva e negativa.

Visioni entoptiche positive. — Alle visioni entoptiche positive spettano principalmente:

1.° Il fosfeno di accomodazione, che appare in una zona luminosa circolare alla periferia del campo nel rapido passaggio dall'accomodazione vicina alla lontana. Si attribuisce, come già più addietro dicemmo, questo fenomeno ad uno stiramento che subisce la retina all'ora serrata.

2.° Lampi, punti, scintille od altre figure luminose, che appajono in perfetta oscurità, ad occhi chiusi od aperti, o nel passaggio dall'apertura alla chiusura e viceversa.

Quelle di queste visioni che sono indipendenti dall' apertura e chiusura degli occhi si attribuiscono in genere a varicosità coroideale, per la quale, dal passaggio di sangue peculiare per massa, miscela o pressione, e forse anche dalla eventualmente conseguente contrazione dei muscoli vasali fossero eccitati gli anteposti elementi retinici. Quelle fra queste visioni entoptiche, le quali insorgono all'apertura o chiusura dell'occhio, potrebbero dipendere da pres-

sione sul bulbo nel primo caso, da vibrazione del medesimo nel secondo.

Visioni entoptiche negative. — Le visioni entoptiche negative sono, come dicemmo, l'effetto di ombreggiamenti retinici prodotti da costituenti proprii della retina, posti al davanti de' suoi elementi senzienti, come sarebbero i vasi sanguigni; ovvero da corpi estranei alla retina e posti nell'occhio al davanti di essa. A seconda che agiscono le prime o le seconde di queste cause, abbiamo delle visioni entoptiche negative *intra* od *extra retiniche.*

Le visioni entoptiche negative intra-retiniche dipendono in genere dalla projezione dell'ombra dei vasi sanguigni della retina sui sottoposti elementi senzienti della medesima. Si può ottenere questa visione in varia maniera: o muovendo circolarmente in camera oscura una candela accesa a pochi pollici dall' occhio; o contemplando il cielo attraverso un forellino praticato in una carta e rimosso al davanti della pupilla; o concentrando con lente un intenso punto luminoso sull'emisfero esterno della schlerotica, mentre lo sguardo è diretto su piano uniformemente oscuro, od intercettato da abbassamento della palpebra sulla pupilla. Lo scopo si ottiene meglio coll'ultimo metodo; il campo visivo appare intensamente illuminato, e in grembo al medesimo distinta l'ombra dei vasi fino alle ultime loro diramazioni. La figura che ne risulta è sempre, come dev'essere, oscura in campo chiaro; ne è ammissibile a questo proposito l'asserto di Meissner, che col secondo degli indicati metodi ottengasi invece una figura chiara in campo oscuro. È però vero che le linee oscure della figura possono essere fiancheggiate da un orlo tanto intensamente più chiaro del fondo, da sottrarre la visione dell'ombra per soverchio richiamo dell'attenzione sulla più intensa impressione fatta dal suo chiaro contorno. Quest'orlo chiaro, che si osserva più facilmente sotto i movimenti dell' ombra, può dipendere in parte (H. Müller) da deviazione di raggi per la convessa superficie dei vasi; in maggior parte però dipende dagli stessi movimenti dell'ombra, i quali fanno sì che gli elementi senzienti precedentemente colpiti da essa, reagiscano alla luce più intensamente degli altri già stancati dalla permanente esposizione alla medesima.

La visione della figura vascolare retinica coi metodi indicati accenna adunque alla circostanza, che noi, frammezzo alla universalità degli elementi retinici eccitati dalla luce, ci accorgiamo esisterne di tali, che sono meno eccitati. Ciò nel caso che la figura vascolare sia realmente l'effetto di un'ombra projettata dai vasi sui retro-posti elementi retinici, il che non fu ammesso concordemente

da tutti, malgrado la interpretazione data primitivamente in questo senso al fenomeno da Purkinje; interpretazione, la quale, contro la invalsa opinione che non fosse un'ombra, ma una vera e reale visione objettiva dei vasi retinici, venne oggigiorno nuovamente avanzata e sostenuta da H. Müller, in base ai seguenti argomenti:

1.° Che la figura vascolare è sempre oscura in campo chiaro, mentre se fosse l'effetto di una visione diretta e quindi di un passaggio di luce attraverso i vasi sanguigni dovrebbe apparir rossa.

2.° Che la intensità e la spiccatezza delle linee oscure sta in rapporto inverso colla grandezza dell'area luminosa, come si può evincere sperimentando col terzo dei metodi precedentemente indicati. I raggi luminosi che determinano l'ombra sono in grandissima prevalenza quelli che da ogni punto dell'area illuminata delle membrane oculari divergono nell' interno dell'occhio, non, o appena in minima parte quelli, che dalla fonte luminosa traversano a direzione immutata le membrane oculari. Se ora l'area luminosa oculare è piccola, tutti i vasi retinici anche più esili devono dare ombre spiccate, se grande, saranno pur più grandi le ombre (specialmente dei vasi maggiori) ma meno intense e più sfumate, specialmente nella loro parte periferica; e i piccoli vasi non dovranno dare in genere che una debolissima ombra, perchè, per la loro distanza dallo strato retinico sensibile, non possono da nessuna parte trattenere tutta quanta la luce. E l'esperienza conferma queste premesse.

3.° Che le linee corrispondenti ai vasi più esili non si osservano che verso il polo, mentre invece verso l'equatore non vengono rilevate le linee corrispondenti ai vasi più grossi. Ciò dipende dalla finezza del giudizio di località nelle diverse parti della retina, essendo evidente che in vicinanza alla macchia gialla l'ombra di un vaso di determinata grandezza colpirà molte serie vicine di punti sensibili, mentre invece verso la periferia lo stesso vaso non solo ricoprirebbe intieramente una sola serie di punti, ma questa medesima serie verrebbe contemporaneamente colpita anche dalla luce e darebbe quindi la corrispondente sensazione per la prevalenza della eccitazione positiva della luce sulla negativa dell'ombra.

4.° Che con qualsiasi dei tre indicati metodi di ricerca i movimenti della figura vascolare (al muovere della fonte luminosa) nella loro direzione, estensione ed altre proprietà, corrispondono soltanto al movimento di un'ombra. Muovendo infatti l'area luminosa schleroticale, la figura si muove apparentemente nello stesso senso, perchè i raggi dell'area non essendo rifratti dalla lente, procedono rettilineamente divergenti, epperò l'ombra deve realmente muoversi in senso opposto, mentre nel campo di projezione sembra essere nello stesso

senso, perchè ciò che colpisce la retina a destra vien projettato a sinistra, ecc. Il movimento è pure apparentemente nello stesso senso, ma in realtà opposto a quello del forellino praticato in una carta, per lo stesso motivo che il forellino viene a rappresentare una fonte di raggi divergenti, i quali per la grande vicinanza all'occhio, vengono fatti meno divergenti da' suoi mezzi diottrici. Sperimentando invece col movimento circolare della candela al davanti dell'occhio, la figura si muove pur circolarmente, ma la si trova essere sovra un punto sinistro della linea circolare quando la candela è sovra un punto destro, ovvero in alto quando la candela è in basso e viceversa. In questo caso adunque, a differenza dei due precedenti, il movimento è inverso a quello della fonte luminosa, mentre invece dovrebbe pur essere nello stesso senso di quest'ultima. H. Müller però ha fatto osservare a questo proposito, che l'apparente inversione del movimento si spiega assai bene quando non si consideri come fonte luminosa la fiamma della candela, ma la sua immagine retinica arrovesciata, la quale non illumina che quelle parti della retina a cui non coincidono vasi; per cui le parti non illuminate dovranno muoversi nel senso opposto a quello in cui si muove la immagine della fiamma, quindi nel senso del movimento di quest'ultima, epperò la visione delle parti non illuminate dovrà essere riferita nel senso opposto.

Comprimendo il bulbo o provocando in qualche maniera una congestione retinica, si ottiene qualche volta la visione di una figura, che si avvicina a quella dell'ombra vascolare, ma ne differisce perchè meno completa, più indistinta e chiara in campo oscuro, invece di essere oscura in campo chiaro. Vierordt la ottiene fissando una superficie omogenea, come il cielo azzurro od un campo nevoso, o meglio ancora il vetro smerigliato ed illuminato di una lampada e smuovendo celeremente al davanti degli occhi le dita alquanto allargate. Veggonsi allora in campo oscuro delle luminose non circoscritte correnti, che si ritengono per correnti capillari, nelle quali sarebbero anche visibilii globuli sanguigni, della cui visione Vierordt avrebbe profittato per calcolare la velocità della corrente capillare in $^1/_2$ a $^3/_4$ di mill. al minuto secondo. Comprimendo colle dita il bulbo dall'avanti all'indietro, io ottengo la visione di larghe striscie chiare, a bordi evanescenti, formate da innumeri avvicinatissimi granuli luminosi decorrenti tutti in una medesima direzione. Si spiega il fenomeno ammettendo che i vasi dilatati dalla congestione esercitano una maggior pressione al dintorno e quindi anche sugli elementi nervosi, come avviene di ottenerla premendo sul bulbo. Il rilievo di una, tuttochè indistinta, figura dei vasi ac-

cenna alla circostanza, che la pressione deve esercitarsi sugli elementi del mosaico retinico, poichè sebbene dalla pressione sieno pure eccitabili le fibre dell'ottico, queste non ci potrebbero dare la visione di una figura vascolare, ma soltanto una rappresentazione dello spazio corrispondente ai punti terminali delle fibre compresse, come la pressione sull'ulnare eccita il dolore nelle punte delle dita.

La pressione antero-posteriore del bulbo può pure eccitare la visione di un campo rosso interrotto da aree nere, che si ritiene essere il sistema vascolare della coroidea.

Con mezzi identici a quelli pei quali si ottiene la visione entoptica dell' ombra dei vasi retinici, può ottenersi quella della macchia gialla. Muovendo la fiamma della candela al davanti di un occhio e alquanto al dissotto del medesimo, veggonsi i vasi retinici convergere all'asse e quivi con esili rami anastomotici formare una corona, nella quale scorgesi un ovale, a massimo diametro orizzontale, illuminato superiormente, ombreggiato inferiormente per modo da dare l'idea di una cavità illuminata dal basso. Dalla inversa projezione della immagine retinica, Burow, che descrive il fenomeno, desume, che sulla retina sia invece oscura la parte superiore, chiara la inferiore volta alla fiamma, e che quindi il fenomeno stesso debba essere determinato da una procidenza conica nel vitreo. Ed egli crede di avere anche anatomicamente dimostrato, che la macchia gialla dia proprio luogo ad una procidenza nel vitreo dei coni retinici non ricoperti dallo strato di fibre nervose e di cellule gangliari.

In modo analogo è descritto il fenomeno da Meissner, il quale derivando, questa volta con H. Müller, la illuminazione non dalla fiamma, ma dalla sua immagine, ne interpreta conseguentemente gli effetti in modo opposto e viene quindi alla opposta e giusta conclusione, che la macchia gialla cioè, non formi una procidenza ma un infossamento. L'area lucente che corrisponde alla macchia gialla si muove, come la figura dell' ombra vascolare, al muovere della fiaccola e Meissner non troverebbe inesplicabile questo movimento, se ne derivasse pure la spiegazione dalla sua immagine retinica, essendo evidente, che collo spostarsi di questa, debba cadere gradatamente sovr'altri punti sensibili l'area chiara e l'ombra marginale.

V'è disaccordo rispetto alla visione entoptica della papilla. Purkinje la vorrebbe rappresentata da una macchia oscura longitudinal-verticale, circondata da orlo chiaro, che renderebbe invisibili le origini dei vasi, o per meglio dire dell'ombra dei vasi cadenti nel suo territorio cieco. Vorrebbesi invece da Meissner che nella espe-

rienza colla fiaccola, la papilla non appaja nera, ma di uno splendore giallo-rossigno in vicinanza all'origine dei grossi tronchi vascolari e che appaja invece nera muovendo una piccola apertura al davanti della pupilla. Müller descrive pure la papilla come macchia ad orlo chiaro laddove emergono i tronchi vascolari, senza che mai potesse con qualsiasi metodo di ricerca rilevarlo oscuro o nerastro. La maggioranza degli osservatori è per la parvenza chiara della papilla, e qualcuno non avrebbe pur rilevato mancanza nella parte centrale della figura vascolare. Si spiega una tale parvenza, malgrado la cecità della regione, ammettendo, che colla papilla sporgente sieno più intensamente illuminati gli elementi retinici basilari della medesima e che l'interposto spazio sia eliso per contrazione (§ 92).

Alle *visioni entoptiche negative extra-retiniche* spettano, come dicemmo, tutte quelle dipendenti da projezione sulla retina di ombre date da corpi estranei ed anteriori alla retina stessa.

Questi corpi che si possono trovare in qualsiasi mezzo dell'occhio, fino a tanto che sono piccoli, non gettano, a pupilla ed a luce ordinaria, alcuna rimarchevole ombra sulla retina, perchè vi hanno sempre dei raggi che all'indietro di essi raggiungono questa membrana. Se invece riguardiamo il cielo traverso forellino in carta tenuta vicino all'occhio, la retina viene ad essere illuminata da un solo punto, rappresentato dal forellino. Se questo punto è nel foco dell'occhio, vale a dire a circa 13 millimetri dal medesimo, allora i raggi decorrono paralelli nell'occhio e le ombre sulla retina vengono ad essere grandi come i corpi da cui derivano; se il forellino è invece sulla distanza focale, i raggi intra-oculari divergono e le ombre diventano più grandi; se è fuori del foco, i raggi intraoculari convergono e le ombre impiccioliscono.

Indipendentemente dagli effetti di condizioni patologiche (opacamenti, degenerazioni, ecc.) possono essere corpi ombreggianti le lagrime, l'umore meibomiano, alcune parti della lente e del vitreo.

Tutti conoscono le svariatissime visioni, generalmente stellate, cui dà luogo l' irregolare inumidimento della cornea con lagrime od umore meibomiano, visioni che scompajono o in vario modo si modificano strofinando gli occhi. Strofinandoli anzi con forza, si ha la visione di peculiari linee ondulose incrociantisi anche reticolarmente per opinata pieghettatura della congiuntiva corneale.

La lente può dar luogo, secondo Listing, a quattro diversi tipi di visioni entoptiche. 1.° Dischi lucenti a contorno oscuro, come bolle d'aria al microscopio, forse per sospensione di goccioline. 2.° Macchie oscure irregolari per circoscritti opacamenti della lente o della capsula. 3.° Stella a raggi lucenti per la cicatrice forma-

tasi (secondo Listing) al separarsi della membrana capsulare dalla superficie interna della cornea. 4.° Stella a raggi oscuri per la conformazione stellata della lente.

Le visioni entoptiche dipendenti dal vitreo sono in genere mobili e danno luogo al fenomeno svariato delle così dette *mosche volanti*, delle quali Donders e Doncan distinguono le cinque seguenti forme principali: 1.° Aree circolari chiare a contorno più o meno oscuro. 2.° Gruppo variamente esteso e conformato di granuli, che ciascuno facilmente osserva fissando il cielo o guardando al canocchiale o al microscopio. 3.° Gruppo misto di anelli e granuli. 4.° Gruppo di sferule, fra cui alcune isolate. 5.° Larghe fibre limitate da due linee oscure. Doncan avrebbe dimostrato che le mosche volanti sono sempre ombre gettate sulla retina da elementi morfologici sospesi nel vitreo; globuli mucosi per la prima forma, fibre a coroncina per la seconda, gruppi di granulazioni per la terza e quarta; membrane pieghettate per la quinta forma.

Le mosche volanti possono essere fatte più evidenti con varii metodi, fondati tutti sullo stesso principio del forellino in foglio di carta portato sulla distanza focale dell'occhio. O è questo stesso mezzo che si adopera; o è una lente biconvessa, traverso la quale si osserva un lume a data distanza; o è l'immagine di una fiaccola riflessa da specchio convesso.

La ubicazione nel vitreo di un corpo veduto entopticamente e la sua distanza dalla retina che ne accoglie l'ombra, possono essere determinate o col metodo della paralasse (Listing) o con quello della doppia projezione (Brewster e Donders).

Si determina la paralasse dell'ombra, mantenendo fisso nella distanza focale il forellino e facendo variare la direzione dello sguardo. I corpi entoptici che stanno nel piano della pupilla non danno paralasse, o per meglio dire le loro ombre mantengono lo stesso posto nel percepito circolo dispersivo della fonte luminosa, sia che la linea visiva sia diretta al centro di questo circolo, ovvero ad un punto superiore od inferiore della sua periferia. I corpi entoptici invece che si trovano al davanti del piano pupillare danno una paralasse negativa, vale a dire che nel circolo dispersivo si muovono in direzione opposta a quella verso la quale si volge la linea visiva. I corpi invece posti al di dietro del piano pupillare danno una paralasse positiva nel senso, che le loro ombre si spostano nella stessa direzione dalla linea visiva.

Col metodo di Brewster, invece di un forellino se ne praticano due alla distanza di mill. 1,5 e portando il sipario nel fuoco oculare, si fanno correre nell'occhio due fasci di raggi paralelli, si

producono sulla retina due circoli dispersivi e si projettano sulla medesima due ombre dello stesso corpo entoptico. Esse devono essere tanto più lontane fra loro, quanto più il rispettivo corpo entoptico dista dalla retina. I corpi che trovansi nel piano pupillare devono projettare le loro ombre tanto lontane fra loro, quant'è la distanza fra i centri dei due circoli dispersivi; i corpi che si trovano al davanti o al di dietro del piano pupillare, projettano ombre, che distano rispettivamente più o meno dei due centri anzidetti. Le distanze misuransi projettando le due ombre in bianche superficie.

Le mosche volanti hanno dei movimenti reali ed apparenti. Questi ultimi sono in rapporto col movimento delle linee visive, poichè ove la mosca volante appaja in un angolo del campo, tentando noi inavvertitamente di dirigervi lo sguardo e facendo con questo deviare l'ombra, ci pare che si muova l'oggetto che la determina, perchè non siamo bene edotti del movimento che abbiamo impartito alle linee visive. Abbiamo invece un esempio di movimento reale, quando muovendo l'occhio dal basso all' alto e tenendo quindi repentinamente immutata la direzione delle linee visive, osserviamo la visione ascendere lentamente per poi ridiscendere. Doncan ripete in genere questo fenomeno dalla libera sospensione dei corpi entoptici nel vitreo. Comincia dal premettere che tutte le ombre sono più grandi dei corrispondenti corpi entoptici del vitreo, i quali gettano ombre tanto più piccole, quanto più sono vicini alla retina. Pochi di questi corpi si troverebbero ad occhi immobili nei paraggi degli assi (benchè non vi manchino affatto) e le prime quattro forme specialmente si troverebbero nel vitreo al disopra dei medesimi e a circa 4 mill. dalla retina. La quinta forma invece o le membranelle entoptiche si troverebbero nel vitreo appena al di dietro della lente, si estenderebbero principalmente dall'alto al basso e con una più sottile porzione si avvicinerebbero alla retina, più spesso al disotto, raramente al disopra dell'asse ottico, galeggiando nel vitreo ed aderendo alla jaloide.

Doncan ripete ora i movimenti veri che insorgono a repentina fissazione degli assi, dal continuare i corpi entoptici in quel movimento, che è stato loro impresso dal precedente spostamento dei medesimi. Siccome questi corpi trovansi in genere al disopra degli assi, se si porta repentinamente in alto la loro estremità anteriore, per poi fissarli orizzontalmente, la loro estremità posteriore avrà eseguito un movimento in senso opposto, e i corpi entoptici galleggianti nei paraggi di questa estremità posteriore, continuando dopo la fissazione degli assi nel loro movimento discendente per modo da giun-

gere al disotto degli assi fissati orizzontalmente, sembrerà che le loro ombre sieno invase da un opposto movimento di ascesa, mentre la successiva apparente discesa delle projettate ombre sarebbe dovuta a ciò, che i corpi entoptici, dopo avere raggiunto un certo limite inferiore, riascendono in parte per il loro peso specifico minore, in parte per la loro aderenza alle membrane od alle fibre contorte dal precedente movimento di discesa.

Appendice.

§ 103. *Determinazione per costruzione della direzione dei raggi rifratti.*

Crediamo opportuno esporre brevemente le norme relative alla determinazione, per costruzione, della direzione dei raggi rifratti, siccome quelle, la cui conoscenza può rendersi necessaria nelle ricerche di ottica fisiologica.

Punti cardinali di un sistema rifrangente semplice. — Un sistema rifrangente semplice consta di due soli mezzi rifrangenti.

Sappiamo dal § 60, come esso presenti dei *fochi conjugati.* Per determinare la direzione dei raggi rifratti sia *s* (fig. 16) la super-

Fig. 16.

Determinazione, per costruzione, della direzione dei raggi rifratti da un sistema rifrangente semplice.

ficie rifrangente; *o* il centro ottico e quindi *o r* un raggio di curvatura e *z r* la perpendicolare per il raggio incidente *f r*, che formerà quindi l'angolo *r* d'incidenza. Tracciato sul punto *r* il qualsiasi circolo *m x* e tracciata *m i* perpendicolare a *z o*, viensi ad avere

in *m i* il coefficente di rifrazione, che supponiamo = 2. Prolungata della metà di questo coefficente, quindi della sua metà la linea *m i* fino ad *n*, e tracciata *n x* paralella a *z o*, s'interseca in *x* colla linea circolare *m x*, segnando il punto per cui deve passare il raggio *f r* rifratto in *s* per giungere in *f'*, fuoco conjugato di *f*.

Ciò che vale per *f r*, vale per ogni altro raggio del cono luminoso ad asse *f f'*, che cadendo perpendicolare, vale a dire nella direzione di un raggio del mezzo rifrangente, non soffre rifrazione.

Se invece supponiamo che sulla superficie *s* cadano raggi paralelli ad *f o*, questi si concentrerebbero nel secondo mezzo in un punto della linea *o f'*, che sarebbe il *secondo foco principale*, la cui distanza dal vertice di *s* forma la *distanza focale principale*. Che se invece i raggi paralelli incidessero in direzione opposta, dal mezzo più rifrangente al meno, quindi da *f'* verso *f*, in allora si raccoglierebbero in un *primo foco principale* fra *f* ed *s*. La differenza delle due distanze focali è eguale al raggio di curvatura *o r* della superficie rifrangente.

Due piani verticali all'asse ottico sul primo e secondo foco principale sono il *primo* ed il *secondo piano focale*, mentre vedemmo essere *piano principale* il verticale all'asse ottico e tangenziale ad *s*; e *punto principale* quello di contatto fra *s* ed il piano principale (§ 60).

Tutti i punti luminosi che con assi secondarii emanano dai piani focali, si contengono rispettivamente come quelli che dagli stessi piani focali emanano i loro raggi intorno all'asse principale.

E lo stesso dicasi dei punti luminosi, che con assi *secondarii* o *principali* emanano da piani cadenti sui fochi conjugati.

Abbiasi nell'annessa fig. 17 l'esempio di raggio incidente ad asse secondario *i s*. Tracciata dal primo foco *f* la linea *f g*, paralella ad *i s*, questa dovrà essere rifratta in direzione paralella all' asse ottico *f f'*. Ora, siccome *i s*, quale paralello a *f g*, deve intersecarsi con quest'ultimo nel secondo piano focale, così *s x* dovrà essere la direzione del raggio rifratto *i s*

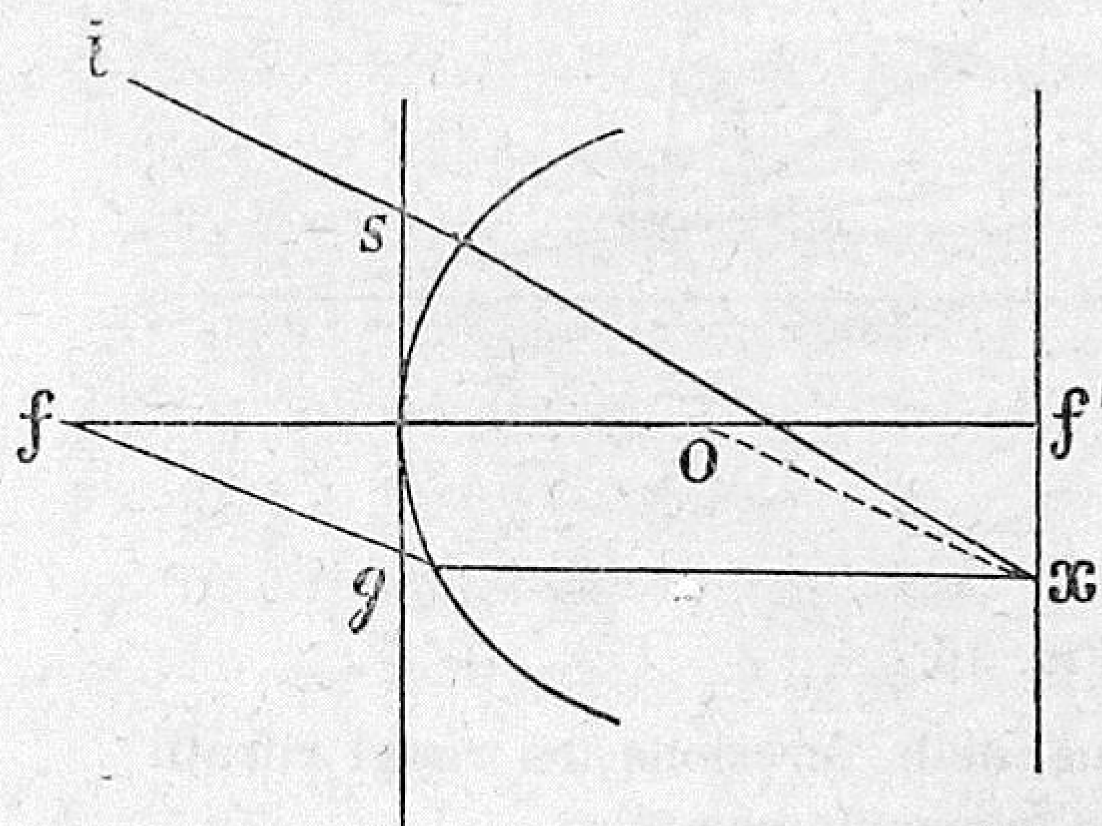


Fig. 17.
Determinazione, per costruzione, della direzione di raggi emananti da piani cadenti sui fochi conjugati.

Ovvero si può anche dal centro ottico o dal punto d'intersecazione degli assi *o*, condurre sul secondo piano focale la punteggiata *o x*, paralella a *i s*, e si ottiene pure in *x* il punto, per cui deve passare il rifratto raggio *i s*.

Volendo determinare per costruzione la immagine di un punto luminoso p (fig. 18) si traccia da esso, passando pel primo foco, al piano principale la retta $p\,f\,r$, che eguagliando un raggio partito

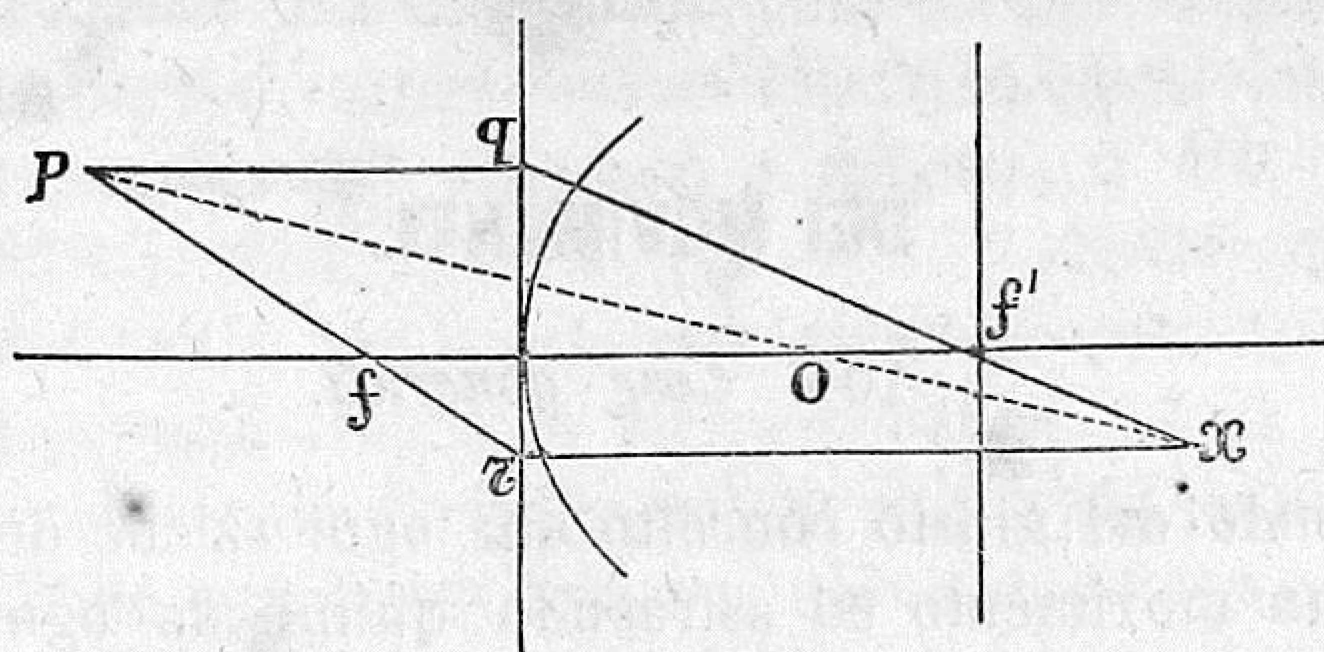


Fig. 18.
Determinazione, per costruzione, della immagine diottrica.

da f, dovrebbe rifrangersi paralello nella direzione $r\,x$; tracciando quindi una retta da p pel centro ottico, o pel punto d'intersecazione degli assi o, s'incontra colla $r\,x$ nel punto x, che riproduce il punto p; ovvero si può anche tracciare $p\,q$ paralella all'asse ottico $f\,f'$, la quale rifrangendosi deve passare pel foco principale f' e prolungata incontrarsi con $p\,x$ nel punto x.

CAPITOLO QUINTO

DEI MOVIMENTI.

§ 104. *Cose generali.*

Prescindendo dal giusto concetto che ogni azione dell'animale si risolve in un movimento ed astraendo quindi da ogni altra modalità di movimento molecolare, in cui si risolve ogni fenomeno della natura viva e non viva, dobbiamo qui circoscriverci alla rilevabile forma del movimento contrattile, che può essere di più o o meno dimostrata derivazione nervosa, come nel muscolo e nel sarcode (§ 7 e 65 I) o indipendente dai nervi, come nei protoplasmi (§ 23 I) od anche di non intieramente dimostrata forma contrattile, come nel movimento vibratile.

Agli indicati paragrafi noi abbiamo considerati questi movimenti come azioni semplici di singoli elementi contrattili, o come azioni complesse di gruppi di questi elementi.

Ci resta ora a considerarli come azioni sommarie, le quali, per gli animali superiori, non si svolgono se non dal movimento contrattile muscolare.

Alcune di queste azioni sommarie risultanti dalla contrazione muscolare noi le vedemmo, per esempio, nel movimento peristalico, nel cardiaco-vascolare, nel respiratorio delle pareti toraciche ed addominali, e così via. Sonvi però altre più o meno diffuse contrazioni muscolari che conducono ad effetti finali meccanici di stazione o movimento del corpo con o senza traslocazione del medesimo; ovvero ad effetti finali acustici di fonazione.

Prima di passare allo studio di questi effetti, crediamo opportuno soggiungere qualche parola sul movimento vibratile, per noi brevemente accennato al § 26 I.

§ 105. *Movimento vibratile.*

Il movimento vibratile è la oscillazione di microscopiche cilia o appendici di cellule, che possono essere isolate, come nelle spore delle alghe e nei nemaspermi, od aggregate, come negli epitelii vibratili.

Non è ancora accertato in quale dipendenza materiale e virtuale si tengano le vibranti cilia colle cellule da cui emanano. Io comunicai che le cilia sono una emanazione del protoplasma cellulare, mentre altri le tengono quale prodotto di scissione dell' orlo trasparente sovrapposto alla base degli elementi che formano gli epitelii vibratili. Leydig vorrebbe avere osservato elevarsi questo operculo jalino colle rispettive cilia per la patassa, il che non detrae alla possibilità che sieno le cilia una emanazione del protoplasma, il quale rigonfiandosi per la patassa, eleverebbe quell'operculo attraverso le cui porosità crebbe in forma ciliata.

Il numero delle cilia varia da uno a cinquanta e più per ogni elemento. Cellule uniciliate trovansi nei *petromyzon*, il cui cilio però, secondo Ecker, risulterebbe dall' aggregazione di molti. Le varie cilia o sono equabilmente disperse sulla superficie ciliata, o sono schierate al dintorno di uno spazio circolare, o disposte sull'orlo di una cavità, come vidi nelle incavate cellule caliciformi della regione olfattoria.

Il movimento vibratile osservato in superficie vibranti appena staccate dal corpo, è tanto rapido da non poter essere giudicato ne' suoi dettagli. Krause crede che esso abbia luogo con 190 a 300 vibrazioni al minuto.

Lasciandolo rallentare, vi si possono distinguere con Valentin le seguenti forme principali:

1.° La più frequente forma è la uncinata, in cui ogni cilio si piega come un dito ad uncino e poi si raddrizza.

2.° La imbutiforme o vorticosa, in cui ogni cilio forma una specie d'imbuto, la cui base è formata dalla sua punta.

3.° La penduliforme, in cui il cilio avente fisso il punto d'attacco oscilla dai due opposti lati.

4.° L'onduliforme, in cui ogni cilio serpeggia ondulosamente.

Il movimento vibratile determina lo spostamento dello stesso elemento od animale vibrante (nemaspermi, spore, vitelli d'uova, embrioni di molti animali, infusorii, ecc.), o di corpi sospesi in liquidi contigui alla superficie degli epitelii vibranti. Gli è perciò che vediamo in genere questi epitelii in quei tubi conduttori, i quali, come i vasi seminiferi, le tube faloppiane, i bronchi, ecc., dovevano favorire il trasloco di corpicciuoli solidi in determinate direzioni.

Il movimento vibratile, che è senza dubbio il risultato della trasformazione di un movimento chimico della sostanza dei corpi vibranti, è affatto indipendente dai nervi, per cui, mantenuti i corpi vibratili in liquidi indifferenti, fino a tanto che non sieno esauste le fonti da cui essi ritraggono il mantenimento della loro costitu-

zione, il movimento vibratile continua. Valentin e Purkinje videro, ad esempio, persistere per cinque e quindici giorni il movimento vibratile in cellule epiteliche rispettivamente della rana e della salamandra. Volendo ammettere la dipendenza del movimento vibratile dai nervi, bisognerebbe ammettere, in questo caso, la postuma persistente attività di un centro nervoso automatico in ogni elemento vibrante.

Oltre a ciò, il movimento vibratile è refrattario a tutti gli agenti che valgono invece ad influenzare il movimento nervoso. Così, per esempio, non possiamo eccitare il movimento vibratile colla elettricità, nè possiamo diminuirlo o spegnerlo coi narcotici. Distruggono invece il movimento vibratile tutti gli agenti che valgono ad alterare chimicamente il corpo vibrante, come gli acidi ed alcali concentrati che li disciolgono; le elevate temperature e gli alcool che li coagulano; le basse temperature che li congelano.

Virchow ha trovato che le soluzioni molto allungate di potassa e soda ridestano il semispento movimento vibratile, forse per analogia cogli essudati umori alcalini che stanziano sulle superficie vibranti.

Il movimento vibratile si rallenta e si spegne più presto nei liquidi, che forse modificano per osmosi la normale concentrazione dei corpi vibranti, come avviene, ad esempio, dell' aqua; mentre invece s'intrattiene più a lungo in altri liquidi, i quali, come una soluzione abbastanza concentrata di zuccaro, non sieno così potenti dilutori osmotici della sostanza propria del corpo vibrante.

I. — Effetti meccanici sommarii della contrazione muscolare.

§ 106. *Cognizioni generali.*

Visti al § 104, quali sieno i principali effetti meccanici della contrazione muscolare, ai quali intendiamo riferirci in questo capitolo, crediamo opportuno far precedere la conoscenza delle condizioni morfologiche, dalle quali soltanto è reso possibile lo svolgimento di un dato effetto meccanico al dispiegarsi di una forza contrattile.

Queste condizioni morfologiche sono inerenti specialmente alla disposizione di elementi meccanici passivi, rappresentati dalle ossa e dalle loro articolazioni; ed ai rapporti in cui si tengono con elementi meccanici attivi, rappresentati dai muscoli.

Limitando queste considerazioni al corpo umano, consta esso di un centro relativamente immobile, il tronco; e di parti periferiche mobili, la testa e gli arti. Ognuna di queste parti ha i proprii elementi meccanici passivi ed attivi.

§ 107. *Tronco.*

Il tronco ritrae la propria solidità dalla colonna vertebrale, senza della quale sarebbe impossibile un diritto incesso, a meno d'immani forze muscolari.

Malgrado la sua solidità, la colonna vertebrale possiede un modico grado di mobilità, che finisce col renderla flessibile in varie direzioni.

Questa flessibilità generale della colonna vertebrale, dovuta alla mobilità di una vertebra sull'altra, viene ad essere limitata dalla elasticità della cartilagine intervertebrale, la quale, al muoversi delle vertebre, soggiacendo a pressione, ad estensione o a torsione, reagisce colla sua elasticità alle forze attive, limitandone l'effetto e riconducendo, al cessare di esse, le vertebre al loro equilibrio statico, senza bisogno di forze antagonistiche. Dalla limitata mobilità di ogni vertebra si ottiene, nella flessibilità generale della colonna vertebrale, un effetto identico a quello che si sarebbe ottenuto con una articolazione abbastanza libera, evitando il danno che da essa avrebbe potuto derivare al racchiuso midollo, ed avendo anche il vantaggio d'impedire la trasmissione ai centri nervosi delle scosse derivanti dal salto e da altri movimenti.

La mobilità della colonna vertebrale però è minore di quello che potrebbe permetterlo la elasticità delle cartilagini intervertebrali, essendo essa limitata dalla stessa conformazione delle vertebre e delle articolazioni delle arcate vertebrali.

È noto che ogni vertebra ha un *corpo* e un *arco* circoscrivente il *foro vertebrale*, da cui partono sette processi, di cui alcuni per articolazioni, altri per attacco di muscoli. Sono muscolari l'impari posteriore *processo spinoso*, i pari laterali *processi trasversi*. Sono articolari due pari processi *ascendenti* e *discendenti*, che stabiliscono appunto un nesso articolare con gli omonimi processi della vertebra superiore ed inferiore. Laddove l'arco si stacca dal corpo della vertebra esiste superiormente una più piana, inferiormente una più profonda incisione, che coincidendo colle stesse incisioni scolpite nelle arcate della vertebra superiore ed inferiore formano il foro *intervertebrale* o *conjugato*.

Le sette vertebre cervicali hanno perforate le apofisi trasverse, formando di tal guisa un canale pel passaggio della vena ad arteria *vertebrale* (dalla *succlavia*). La branca di apofisi trasversa che circoscrive anteriormente questo foro (*trasversario*) non parte dall'arco, come la posteriore e come le imperforate apofisi trasverse



delle altre vertebre, sibbene dal corpo delle stesse vertebre, assumendo di tal guisa il significato di rudimentali coste cervicali.

Prescindendo poi dalle prime due, le cinque inferiori vertebre cervicali hanno, fra varie altre, comuni le seguenti proprietà: 1.° Di avere le apofisi spinose biforcate (meno la settima più lunga e prominente delle altre) e dirette obliquamente all' inbasso, per cui distano l'una dall'altra e non si urtano nella estensione della corrispondente porzione di colonna vertebrale. 2.° Di avere le quasi piane superficie delle articolazioni fra i processi vertebrali dirette obliquamente dall'alto al basso, dall'avanti all' indietro, per modo da venirne possibilitato un più esteso movimento di estensione della spina, non ostacolato, come dicemmo, dalla direzione delle apofisi spinose ed anche un movimento rotatorio sull'asse della spina medesima.

Queste proprietà non si riscontrano nelle dodici vertebre dorsali, le quali in progressione discendente presentano le loro non biforcate apofisi spinose sempre più verticalmente discendenti all' inbasso e ricoprentisi a tegola per modo da urtarsi fra loro nella estensione, che viene ad essere quindi limitata da questo ostacolo e dalla direzione delle superficie articolari, le quali non sono più oblique come per le cervicali, ma sempre più avvicinantisi alla direzione verticale. Esse hanno inoltre di particolare di presentare al margine superiore ed inferiore del loro corpo, laddove staccasi da esso l'arcata, la superficie dell' articolazione costo-vertebrale, a cui molte volte concorre per la prima costa anche il margine inferiore della settima cervicale.

Le cinque vertebre lombari hanno caratteri negativi di mancanza di fori trasversarii e di articolazioni costali. Sono nello stesso individuo più grosse che le altre, con apofisi trasverse più gracili che le dorsali, con apofisi spinose schiacciate ai lati, per cui laminari e dirette orizzontalmente. Delle superficie articolari è concava quella del processo articolare superiore, corrispondentemente convessa quella del processo articolare inferiore. La prima non guarda posteriormente come quella delle vertebre dorsali, o posteriormente e superiormente come quella delle cervicali, ma guarda invece verso la linea mediana posteriore della colonna, motivo per cui verso i lati della medesima dovranno guardare le superficie articolari dei processi inferiori. Il corpo dell'ultima vertebra lombare è molto più grosso anteriormente che posteriormente, il che si verifica pure, ma in grado minore, per le altre vertebre lombari. La conformazione e la direzione delle superficie articolari nei processi articolari delle vertebre lombari permettono, nella corrispondente parte di colonna, la

estensione, mentre invece limitano assai o non permettono affatto i movimenti rotatorii, già limitatissimi con quelli di estensione nella porzione dorsale, e i movimenti laterali, che sono meno ampiamente permessi a questa porzione, più ampiamente invece alla porzione cervicale.

La colonna vertebrale è completata inferiormente dal sacro (formato dalla fusione di cinque vertebre false) che incuneato fra le due ossa innominate, chiude posteriormente il bacino, e presenta colla sua base superiore una specie di piedestallo alla colonna vertebrale, formando anteriormente il promontorio e presentando posteriormente il *canal sacrale*, che continua superiormente nel *canal vertebrale*, e mette alle superficie anteriore concava, posteriore convessa, nelle quattro o cinque paja di fori sacrali. Inferiormente il sacro si continua colla sua punta nel coccige, formato da quattro o cinque ossa, delle quali la superiore soltanto presenta ancora qualche traccia di struttura vertebrale, mentre le inferiori potrebbero considerarsi soltanto come rudimentali corpi di vertebre.

Prescindendo per ora da legamenti speciali alle prime due vertebre, e dai legamenti sacro-coccigei, la colonna vertebrale presenta legamenti generali a tutta la sua lunghezza e speciali a due vertebre vicine. Spettano ai primi i legamenti *longitudinali* anteriore e posteriore; ai secondi i *legamenti* o le *fibro-cartilagini intervertebrali*, i *legamenti inter-crurali* o *flavi*, che occupano lo spazio fra gli archi vertebrali, e i legamenti *inter-spinosi* ed *inter-trasversi*, oltre poi alle capsule dei processi articolari ascendenti e discendenti.

La colonna vertebrale, convessa anteriormente nella sua porzione cervicale, concava pure anteriormente nella sua porzione dorsale, ridiventa convessa al promontorio e concava al sacro. La curva cervicale e lombare dipende principalmente dalla forma delle cartilagini intervertebrali, mentre invece dalla forma cuneata del corpo delle vertebre dipende principalmente la curva dorsale.

La colonna vertebrale è capace di quattro movimenti che sono: il laterale, il rotatorio, quello di estensione posteriore e quello di flessione anteriore. I primi tre sono determinati dai muscoli spinali; l'ultimo da gruppi muscolari più o meno estranei alla spina.

Tra i muscoli spinali ve ne hanno di tali che si estendono: 1.° da un processo spinoso all'altro; 2.° da un'apofisi trasversa all'altra; 3.° da un' apofisi spinosa a un' apofisi trasversa. Di questi muscoli alcuni sono proprii a due vertebre vicine (*multifido*); altri sono comuni a molte vertebre che comprendono nei loro estremi punti d'attacco (*estensor comune*, *lunghissimo del dorso*, *trasversale della cervice*, *spinale* e *semi-spinale* § 40, II).

La estensione posteriore della spina è l'effetto dell'azione bilaterale di questi muscoli; la flessione laterale è indotta dall'azione unilaterale dei muscoli inter-trasversi ed ileo-lombari; il movimento rotatorio dall'azione pure unilaterale dei muscoli che da un'apofisi trasversa vanno all'apofisi spinosa della vertebra vicina.

Prescindendo dai muscoli che ascendono alla spina dalle estremità pelviche (*psoas*, *iliaco interno*) e che fissando queste ultime flettono in avanti la spina, non ha dessa muscoli proprii per questo movimento, per il quale trovasi in condizioni di leva molto sfavorevoli lo stesso muscolo lungo del collo (dal corpo della prima cervicale a quello della terza vertebra dorsale). A questa deficenza sopperisce però l'azione sommaria di varii muscoli, i quali, secondo la bella sintesi di Weber, formano due sistemi, che hanno i loro punti d'attacco da una parte alla colonna vertebrale ed al capo, dall'altra al bacino. Ciascuno di questi due sistemi forma due spirali, di cui l'una dallo sterno-cleido-mastoideo di sinistra, per gli intercostali interni di destra, va al serrato posteriore inferiore destro; l'altra dall'obliquo interno destro, per l'obliquo esterno e per gl'intercostali esterni di sinistra, va alla colonna vertebrale mediante lo scaleno medio ed il serrato posteriore superiore di sinistra, d'onde procede allo splenio di destra. Si comprende facilmente come l'azione singola di ciascuno di questi muscoli diversifichi dalla loro azione sommaria, quantochè se agisce, per esempio, la seconda spirale dall'obliquo allo scaleno, l'effetto deve essere eguale a quello che si otterrebbe se si contraesse un solo muscolo teso dalla spina iliaca destra al margine sinistro della colonna vertebrale cervicale passando pel torace e per l'addome, una torsione, cioè, della colonna vertebrale sul suo asse longitudinale ed una flessione di essa verso il fissato bacino. La contemporanea azione di tutte le spirali deve naturalmente far prevalere il movimento di flessione anteriore della spina, falsamente attribuito in massima parte ai retti addominali.

La compressibilità dei dischi fibro-cartilaginei intervertebrali è quella che determina la maggiore lunghezza del corpo orizzontale in confronto del verticale. Hyrtl ha trovato su sè stesso una differenza di 9 linee.

Nella forte estensione della spina il movimento delle vertebre non è equabilmente uniforme in tutta la sua estensione, ma è maggiore in corrispondenza delle ultime vertebre cervicali fra l'11.ª dorsale e la 2.ª lombare, fra la 4.ª lombare e il sacro. Sono questi i punti nei quali, per maggiore lassezza dei legamenti, avvengono più facilmente le lussazioni nei ginnasti, che estendono la spina fino a toccare colla testa posteriormente il terreno. La resistenza dei legamenti vertebrali del resto è tale, che secondo le determinazioni di Maisonabe e Bouvier, si esige una forza di 100 a 300 libbre per lacerarli.

La riunione dei corpi delle vertebre per mezzo delle cartilagini intervertebrali rappresenta delle sinfisi modificate. Le apofisi articolari rappresentano invece delle anfiartrosi (§ 75, I).

§ 108. *Testa.*

Per intendere il meccanismo dei movimenti della testa bisogna conoscere le particolarità morfologiche delle prime due vertebre cervicali, il cui studio perciò appunto deferimmo al presente paragrafo.

La prima vertebra o l'*atlante* (ατλας portatrice) ha una forma d'anello, perchè manca di corpo rudimentalmente rappresentato dal *tubercolo anteriore*, mentre lo è dal posteriore la mancante apofisi spinosa. Le più grosse porzioni laterali dell' anello si prolungano in due robuste apofisi trasverse, mentre le apofisi articolari ascendenti e discendenti sono sostituite da semplici superficie articolari; più concave le superiori, che si articolano colle convesse *apofisi condiloidee* dell'osso occipitale; meno le inferiori, che si articolano colla seconda vertebra. Un'area pressochè circolare, rivestita di cartilagine, trovasi alla superficie posteriore del semi-anello anteriore. Per la mancanza del corpo, il foro vertebrale dell' atlante è più grande che per qualsiasi altra vertebra.

La seconda vertebra detta epistrofeo (στρὲφω torcere) impropriamente, perchè è l'atlante che rotea, porta verticalmente sulla superficie superiore del suo piccolo corpo il processo odontoideo, sulla cui cartilaginea superficie anteriore rotea la pur cartilaginea superficie osservata nel semi-anello anteriore dell' atlante. Anche per l' epistrofeo mancano le apofisi articolari, specialmente superiori, e sono sostituite da superficie articolari colla terza vertebra e coll' atlante. Queste ultime sono lievemente convesse ed inclinate obliquamente all' esterno ed al basso. Qualche volta il processo odontoideo, che ritiensi embriologicamente rappresentante il corpo dell'atlante, giunge perfino nel foro occipitale ad articolarsi anteriormente coll'osso omonimo, riproducendo quanto a questo proposito si verifica negli anfibii.

Tra i legamenti proprii di questa parte abbiamo: La *membrana otturatoria anteriore e posteriore*, che si estende dai semi-anelli anteriore e posteriore dell'atlante alle corrispondenti periferie del foro occipitale; la membrana anteriore è più robusta e più tesa, la posteriore più sottile, più rilasciata e d'ambo i lati perforata pel passaggio dell'arteria vertebrale, che dalle apofisi trasverse dell'atlante s' inflette nel foro occipitale. La *capsula articolare* che circonda

l'articolazione dell'atlante colle apofisi condiloidee dell'osso occipitale, più lassa anteriormente e posteriormente onde permettere i movimenti di flessione ed estensione della testa. Il *legamento cervicale,* che dal tubercolo occipitale esterno discende fra un' apofisi spinosa e l'altra fino alla settima cervicale, più robusto negli animali che non hanno come l'uomo (per la sua stazione eretta) la testa bilanciata sull'occipite. Si può però sentire anche nell' uomo questo legamento piegando fortemente la testa in avanti.

Perchè la testa sia bilanciata in posizione eretta sulla colonna vertebrale, il centro di gravità deve cadere verticalmente sul piano delle sue articolazioni condiloidee. Mettendo infatti su di un piano i condili della testa sì arriva a bilanciarla, con equilibrio però molto debole, come lo è anche sulla colonna vertebrale per la relativa altezza del centro di gravità e per la esilità della base. Questa circostanza però è favorevole ai movimenti della testa, i quali si possono compiere sotto l'azione di relativamente deboli forze muscolari. Come poi la perdita del centro di gravità avviene per tendenza della testa a ricadere in avanti (ce ne accorgiamo dormendo seduti) così ne deriva che le maggiori forze muscolari dovevano essere all'indietro, sussidiate anche dal legamento cervicale. La testa bilanciata sull'atlante rappresenta una leva di primo genere, come la rappresentano i muscoli estensori della spina. (§ 75 I).

La testa è suscettibile di estesi movimenti di flessione anteriore e bilaterale, di estensione posteriore e di rotazione sull'asse. I movimenti di flessione ed estensione si compiono prevalentemente nelle articolazioni condiloidee col concorso però delle vertebre cervicali; quelli di rotazione, senza che manchi il concorso di dette vertebre, si fanno prevalentemente dall'atlante, che rotea sul processo odontoideo dell'epistrofeo.

Questo frazionamento dei movimenti della testa su varie articolazioni, vale a preservare il midollo dalle pericolose torsioni, che avrebbero assai facilmente avuto luogo, quando si fossero concentrati in alcuni punti soltanto gli spostamenti richiesti da una parte dotata di sì frequente ed estesa mobilità.

Principali muscoli motori della testa sono:

Gli *sterno-cleido-mastoidei,* che flettono il capo al davanti quando agiscono bilateralmente, mentre nell' azione unilaterale voltano la faccia dal lato opposto e piegano la testa sulla spalla dello stesso lato.

I *retti anteriori, maggiore e minore,* che estendendosi dall'apofisi trasversa delle vertebre cervicali all'apofisi basilare dell' occipitale, flettono pure la testa all'avanti.

Il *lungo del collo,* che estendendosi dalle vertebre dorsali ai tu-

bercoli anteriori ed alle apofisi trasverse dell'atlante e dell'epistrofeo, agisce indirettamente sulla testa, flettendo all'innanzi e roteando la spina cervicale.

I *tre scaleni* (dalle coste superiori alle apofisi trasverse delle superiori vertebre cervicali) fissate le già poco mobili coste superiori, agiscono pure indirettamente sul capo, flettendo il collo anteriormente nell'azione bilaterale, o piegandolo dal lato in cui agiscono.

Lo *splenio,* che sotto i cucullari si tende dalle apofisi spinose delle ultime cervicali e prime dorsali all' occipite, all' apofisi mastoidea e alle apofisi trasverse delle prime cervicali, estende la testa direttamente all' indietro nell'azione bilaterale, la piega e la rotea dal lato in cui agisce tanto direttamente per l' attacco all' apofisi mastoidea, quanto indirettamente per l'attacco alle apofisi trasverse delle vertebre cervicali superiori.

Il *biventre della cervice,* dall'apofisi trasversa delle prime dorsali all'occipite, arretra la testa.

I *complessi maggiore e minore*, dalle apofisi trasverse cervicali inferiori e dorsali superiori all'occipite, arretrano pure la testa; e il *complesso minore,* agendo unilateralmente, la rotea, per il suo attacco superiore all'apofisi mastoidea.

I *retti posteriori del collo*, dalle rudimentali apofisi spinose delle prime due vertebre all'occipite, arretrano pure la testa, che può essere alquanto roteata sull' atlante dal *retto posteriore laterale,* che nella sua estensione dall'apofisi trasversa dell'atlante al foro giugulare dell' occipite, rappresenta in certa guisa un primo muscolo inter-trasverso della spina.

A norma della loro azione simultanea od unilaterale, arretrano pure la testa o la piegano dal lato corrispondente i muscoli *obliqui superiori* o *minori* (dall'apofisi trasversa dell'atlante alle arcate occipitali) mentre invece è dessa roteata sull' epistrofeo per azione unilaterale dei muscoli *obliqui inferiori* o *maggiori,* che si estendono dall'apofisi spinosa dell'epistrofeo alla trasversa dell'atlante.

Anche i *cucullari,* che dall'occipite e dalle apofisi spinose delle vertebre cervicali e dorsali vanno alla spina della scapola, all'acromio ed alla clavicola e che sono prevalentemente motori della scapola, possono, fissando quest'ultima, arretrare la testa e tendere la spina.

§ 109. *Arti.*

Al tronco sono applicate nelle due specie di arti, toracici e pelvici, due diversi sistemi di leve, di cui le pelviche, destinate a portare il tronco, sono ben fisse al suo scheletro, mentre le tora-

ciche, destinate prevalentemente alla presa degli oggetti, sono fissate indirettamente al medesimo pei muscoli della scapola e per l'articolazione sterno-clavicolare, che rappresenta una limitata artrodia e che riunisce al tronco la clavicola, alla sua volta riunita alla scapola per mezzo dell'articolazione acromio-clavicolare.

I movimenti degli arti, oltre ad essere perfettamente volontarii nella estensione, nella durata e nella direzione, hanno anche di particolare, in certi casi, di durare molto tempo a ripetersi od alternarsi a brevi periodi, come negli atti dell' andare, del nuotare, ecc. A rendere possibile questa persistenza di movimento periodico od alterno, senza precoce stanchezza, era necessario che il movimento medesimo fosse determinato dalla minima possibile attività muscolare. Solo in questo caso l'organismo ripete nella sua locomozione le condizioni di relativa semplicità di macchine locomobili, sulle quali presenta anzi il vantaggio, che i movimenti possono essere, a norma del bisogno, celeremente e variamente modificati.

§ 110. *Arti toracici.*

Molto più estesamente degli addominali sono mobili gli arti toracici, coi quali noi possiamo raggiungere qualsiasi parte della superficie del nostro corpo. Questo effetto, oltrecchè alla già per sè stessa libera articolazione dell'omero, è dovuto alla mobilità della scapola ed alla pur relativamente libera articolazione sterno-clavicolare, che vedemmo essere una limitata artrodia. Se infatti eleviamo orizzontalmente le braccia, l'omero per sè stesso non può compiere che dei movimenti di rotazione; mentre invece se diamo esito ai movimenti della scapola e dell'articolazione sterno-clavicolare, possiamo in allora estendere il movimento delle braccia per modo, da congiungere le mani al davanti ed al di dietro, al disopra della testa ed anche al disotto dei piedi accosciati.

OMERO. L'articolazione dell'omero è la più libera di tutte le articolazioni, e permetterebbe all'omero escursioni molto più estese, se non vi fosse l'ostacolo dei processi acromio e coracoideo. La grande libertà di questa articolazione per artrodia è dovuta alla circostanza, che la sua cavità articolare (*glenoidea*) rappresenta soltanto un piccolissimo segmento di sfera, resa un po' più estesa da un bordo cartilagineo, e ricettante una piccola parte del capo dell'omero, che corrisponde invece alla terza parte di una sfera del diametro di circa 36 millimetri.

La capsula articolare, la quale, per non limitare i movimenti, doveva essere assai lassa, non vale a trattenere il capo articolare,

che è invece trattenuto dalla pressione atmosferica e dai muscoli e tendini che passano sull'articolazione. Questi mezzi, uniti ai legamenti (specialmente *coraco-brachiale*) che rinforzano la capsula, sono ancora scarsi ed è quindi relativamente assai frequente la lussazione dell'omero, ma una maggiore solidità dell'articolazione non poteva ottenersi, senza danno della sua mobilità.

Nella cavità glenoidea l'omero può compiere due distinti movimenti: 1.° di rotazione in ogni senso sul punto mediano della cavità articolare; 2.° di rotazione sul proprio asse longitudinale.

Muscoli motori dell'omero sono il *deltoide*, che lo eleva e lo allontana dal fianco; il *sovra-spinato*, che concorre ad elevarlo e lo rotea all'esterno; l'*infra-spinato*, che lo rotea pure all'esterno e lo abbassa se elevato; il *teres minore*, che agisce come il precedente; il *teres maggiore*, che lo avvicina al tronco, portandolo un po' all'indietro e roteandolo all'interno; il *sotto scapolare*, che lo rotea all'interno; il *coraco-brachiale*, che lo porta all'interno ed all'avanti; il *latissimo* del dorso, che abbassato lo arretra; il *gran pettorale* che lo adduce al fianco.

Muovono invece fra gli altri le scapole: il *cucullare*, che le rotea sul loro asse longitudinale, elevandone la porzione acromiale ed abbassandone il margine dorsale; i due *romboidei maggiore* e *minore*, che avvicinano le scapole alla colonna vertebrale; l'*angolare* che innalza le scapole; il *piccolo pettorale*, che per il suo attacco al processo coracoideo le abbassa; il *serrato anteriore maggiore*, che le avanza e le fissa al torace.

Ricordando il principio: che la estensione della contrazione dipende dalla lunghezza del muscolo che si accorcia al massimo di circa $^3/_4$ di essa, mentre la forza dipende dal numero delle fibre e quindi dalla estensione della sezione trasversa (§ 72, I) vediamo nell'omero una leva celere di terzo genere (§ 75, I), in cui la potenza o i muscoli motori dell'omero s' attaccano complessivamente in molta vicinanza all'ipoclomio, con un braccio di leva assai breve rispetto a quello della resistenza rappresentata dall'arto. Avremo quindi effetti celeri od estesi movimenti dell'arto ad accorciamenti contrattili minori, ma si esigeranno muscoli robusti, quali appunto vediamo essere i brevi, ma relativamente grossi muscoli della spalla, fra cui, per esempio, il deltoide.

CUBITO. L'articolazione del *cubito* è un ginglimo a vite (§ 75 I) in cui l'ulna rappresenta la madre-vite e si svita all'esterno nella flessione, mentre la troclea dell'omero è il maschio, che gira a sinistra per la troclea sinistra, a destra per la destra. Meissner ha calcolato, che nel massimo della flessione lo spostamento dell'ulna è

di quasi 2 millimetri, vale a dire la metà circa di un intiero giro di vite, la cui altezza sarebbe di 3 a 4 millimetri.

L'articolazione del cubito consta di tre articolazioni (omero-ulnare, omero-radiale, radio-ulnare) riunite in una sola da una capsula comune, rinforzata da due legamenti laterali *interno* ed *esterno* (il quale ultimo, per non ostacolare il movimento rotatorio del radio, non aderisce al medesimo, ma si fonde invece col suo legamento muscolare) e coadjuvata ancora dai legamenti *inter-osseo* e *trasversale*.

Nei movimenti di flessione ed estensione agiscono le prime due delle menzionate articolazioni (*troclea dell'omero* nella *cavità sigmoidea maggiore* dell'ulna, *eminenza capitata* dell'omero col *capitello* del radio); nel movimento di pronazione e supinazione agisce la terza (capitello del radio colla *cavità sigmoidea minore* dell'ulna).

La flessione del cubito, partendo dal massimo della estensione, comprende quasi 180°, e la mano arriva a toccare il capo dell'omero. Nella massima estensione ulna ed omero formano posteriormente un lieve angolo ottuso e l'ulteriore estensione resta impedita dall'urto del grande olecrono nella fossa sopra-trocleare posteriore, mentre quello del processo coronoideo dell'ulna nella fossa sopra-trocleare anteriore segna il massimo della flessione. La menzionata disposizione relativa alla limitazione dell'estensione fa sì, che sulla leva di terzo genere dell'avambraccio possono agire forti pesi côn forze muscolari relativamente deboli, senza pericolo che la leva si rovesci all'indietro con lacerazione di vasi e di nervi.

La flessione del cubito è determinata dal *bicipite* (processo coracoideo e margine glenoideo lungo la parte anteriore-interna del braccio alla tuberosità del radio) e dal *brachiale interno* (superficie esterna dell'omero, sotto l'inserzione del deltoide, al *processo coronoideo* dell'ulna, aderendo fortemente alla capsula articolare, che eleva nella flessione, evitandone l'inclusione). Il *tricipite*, che dalla clavicola, dall'esterno ed interno dell'omero, raccogliendo le sue fibre e decorrendo al di dietro del braccio, si attacca con robusto tendine all'olecrono dell'ulna, è estensore del cubito. Da questi attacchi si rileva che la leva del cubito è in condizioni identiche a quelle dell'omero (§ 75, I) colla differenza però, che al cubito necessitava una contrazione muscolare più estesa, non essendovi il sussidio della mobilità della scapola, come nell'articolazione omerale. Ecco il motivo per cui i muscoli del cubito, senza essere gracili, sono in genere anche più lunghi di quelli dell'omero.

La rotazione dell'omero sul suo asse longitudinale è troppo limitata per permettere i movimenti di pronazione e supinazione della mano. Un apparato sussidiario per determinare questi movimenti

nell'articolazione di essa coll'ulna o di questa coll'omero, avrebbe tolto alla solidità della principale articolazione del cubito e non garantiti abbastanza gli effetti del suo ginglimo. Ecco il motivo delle due ossa dell'avambraccio, che ha il suo vero scheletro nell'ulna e nella cerniera del cubito, mentre il radio può essere, con Meyer, considerato come un prolungamento della mano al medesimo.

Fissato all'articolazione radio-ulnare dal legamento anulare, che gli permette un movimento di rotazione sul suo asse longitudinale; non ostacolato dalle articolazioni radio-omerale e radio-carpica, si accavalla in questo movimento, per la stessa deviazione del suo asse longitudinale, sul terzo superiore dell'ulna, dando luogo alla pronazione della mano, che ridiventa supina nell'opposto movimento rotatorio del radio. Le superficie articolari dell'omero e del radio sono tanto libere, da non impedire nè il movimento rotatorio del radio, nè quello a cerniera dell'ulna, suppostili anche contemporanei, mentre alla sua volta la estremità carpica dell' ulna non impedisce i movimenti della mano, la quale si articola soltanto col radio in modo conveniente per la pronazione e supinazione, che si compie in un arco di 180°, oltre al quale concorre la rotazione dell'omero.

Il movimento di pronazione è determinato dal *pronatore rotondo* (condilo interno dell' omero a metà lunghezza del margine interno del radio) e dal *pronatore quadrato* o *trasverso*, teso trasversalmente sul legamento inter-osseo fra l'ulna ed il radio. Il movimento di supinazione è determinato dai due *supinatori lungo* e *breve;* il primo dei quali dal margine esterno inferiore dell'omero va al processo stiloideo del radio; il secondo, coperto dal primo, dal condilo esterno dell'omero va al margine interno del radio al di sotto della sua tuberosità, coadjuvando anche la flessione del cubito.

Tutti gli altri muscoli che decorrono lungo l'avambraccio sono destinati alla flessione od estensione della mano e delle dita. Molti di questi muscoli si staccano dalla estremità inferiore dell' omero, (i flessori dal condilo interno, gli estensori dall' esterno) mentre alcuni altri partono invece dalla superficie interna della fascia superficiale e dalle sue diverse propagini interne, per attaccarsi poi tutti o al carpo, o al palmo della mano, o alle falangi delle dita. Dal corrispondere il corpo di questi muscoli ai paraggi del cubito e dal successivo assottigliarsi dei medesimi in lunghi ed esili tendini, deriva la specie di forma conica dell'avambraccio, i cui muscoli possono essere distinti nei tre seguenti gruppi:

Gruppo ulnare, a cui spettano: Il *pronatore rotondo* suddetto.

Il *radiale interno*, flessore del carpo radiale, dal condilo interno, sul legamento del carpo, alla base del 2.° e 3.° metacarpo. Il *palmare lungo*, che flette la mano e ne tende l'aponevrosi palmare, si disperde in essa dal condilo interno, passando sul legamento del carpo. L'*ulnare interno*, dal condilo interno al pisiforme, flette il carpo ulnare ed adduce la mano. Sotto questi muscoli, il *flessore superficiale delle dita* o *perforato*, dal condilo esterno si divide al terzo inferiore dell'avambraccio in quattro tendini, che passando sotto il legamento del carpo vanno dal 2.° al 5.° dito, fessi alla prima falange, pel passaggio dei tendini del flessore profondo, riunentisi quindi per fendersi ancora ed inserirsi ai lati delle seconde falangi. Al disotto del precedente vi hanno: Il *flessor profondo* o *perforante*, che dal processo coronoideo e legamento inter-osseo passa sotto il legamento del carpo, si divide in quattro tendini palmari, che passano nelle fessure dei precedenti ed arrivano alla terza falange. Il *flessor lungo del pollice*, che dal margine interno del radio, passando sotto il legamento del carpo, si estende alla seconda falange del pollice. Il *pronatore quadrato*, che dal margine interno dell'ulna passando sul legamento del carpo al radio, lo circuisce, per inserirsi al suo margine interno.

Gruppo radiale, che comprende: Il *supinator lungo*, dal margine esterno inferiore dell'omero al processo stiloideo del radio, con decorrenza dell'arteria radiale al suo margine interno. Il *radiale esterno lungo* e *breve*, estensori ed addutori della mano, dal condilo esterno alla base dorsale del primo metacarpo il lungo, a quello del secondo il breve. L'*estensore comune delle dita*, dal condilo esterno si divide in quattro tendini dorsali inserentisi alle falangi. L'*estensor proprio del mignolo* si confonde col precedente alla sua origine ed alla inserzione del suo tendine falangeo. L'*ulnare esterno*, estensore ed abdutore della mano, dal condilo esterno alla base del quinto metacarpo.

Gruppo mediano, a cui appartengono: Il *supinator breve*, coperto dal lungo, dal condilo esterno circuisce il radio e s'inserisce al suo margine interno, sotto la tuberosità. L'*abdutor lungo del pollice*, dai margini esterni dell'ulna e del radio alla base del metacarpo del pollice. L'*estensor breve del pollice* con identici attacchi superiori e con inserzione tendinea alla superficie dorsale della prima falange del pollice, ajuta col precedente il movimento di supinazione della mano. L'*estensor lungo del pollice*, dalla cresta dell'ulna e dal legamento inter-osseo al dorso della seconda falange del pollice. L'*estensor proprio dell'indice* (*indicatore*) dalla cresta e superficie esterna dell'ulna, si fonde al dorso della mano col tendine dato all'indice dall'estensore comune.

MANO. Delle otto ossa del carpo, schierate in due serie, sono soltanto tre della prima serie (*scafoideo, semilunare, triquetro*) che, lasciando fuori il *pisiforme*, formano una ovale superficie convessa, compresa dalle due apofisi stiloidee del radio e dell'ulna, con insinuazione di una cartilagine inter-articolare fra quest' ultima e il triquetro. L' articolazione è munita di una lassa capsula fibrosa, che non comprende l'osso pisiforme e la cui sinoviale non s' insinua fra le tre altre ossa della prima serie, come fa la capsula propria dell'articolazione di queste ossa con quelle della seconda serie. La prima di queste capsule è rinforzata da legamenti accessorii: *retto* ed *obliquo*, dal radio e dalla cartilagine articolare delle ossa della prima serie, alla superficie palmare; *romboideo* (identico attacco) alla superficie dorsale; *lateral radiale* e *laterale ulnare*, dalle omonime apofisi stiloidee allo scafoideo e al triquetro. La seconda di dette capsule è rinforzata da brevi legamenti, che tesi alle superficie palmare e dorsale dalle ossa di una serie a quelle dell'altra, limitano, col *legamento trasversale del carpo*, la mobilità delle sue ossa, le cui articolazioni possono sommariamente considerarsi come una *anfiartrosi*, con soli ed assai limitati movimenti di flessione ed estensione.

L'articolazione del carpo è invece una limitata artrodia con movimento di flessione ed estensione in arco di 180°, con movimento di ab ed adduzione in arco di 80°, senza movimento rotatorio, che si compie, come vedemmo, al cubito. Il movimento di adduzione verso l'ulna è più esteso dell'opposto verso il radio per la interposta compressibile cartilagine inter-articolare.

Le ossa del metacarpo, ad eccezione del primo (pollice) formano la parte più estesa e meno mobile della mano, e per mezzo di concave estremità si articolano fissamente fra loro e colle convesse faccie articolari delle ossa della seconda serie del carpo, (*multangoli, capitato, uncinato*) per modo da essere tutte nel medesimo piano, da cui deviano pochissimo e più degli altri (dopo il pollice) quello del mignolo, per conformare il palmo a semicanale. Il solo metacarpo del pollice, che presenta un' articolazione a sella colla parte inferiore-esterna del multangolo maggiore, differisce, per la sua maggiore mobilità sul piano anzidetto, dal metacarpo delle altre dita, venendo per tal guisa, anche sotto il punto di vista delle articolazioni, a rassomigliare piuttosto ad una prima falange che ad un vero metacarpo.

Le prime falangi di tutte le dita presentano una superficie superiore concava, di articolazione col convesso capo dei rispettivi metacarpi, ed una superficie inferiore cilindroidea, divisa da un

infossamento mediano in due specie di condili, articolantisi con corrispondenti deboli infossamenti della estremità superiore delle seconde falangi (mancante pel pollice) alla lor volta analogamente articolantisi colle terze falangi.

L'articolazione metacarpo-falangea delle ultime quattro dita è un'artrodia senza rotazione sull'asse (impedita dai legamenti) che è più limitata e che si avvicina quasi al ginglimo, con prevalenza di flessione ed estensione e deficenza di ab ed adduzione nella corrispondente articolazione del pollice, in causa dell'allungamento trasversale del suo capo articolare. Veri ginglimi sono poi tutte le articolazioni inter-falangee e lo diventano pure le articolazioni metacarpo-falangee a dita flesse, per le quali si fanno impossibili i movimenti di adduzione ed abduzione.

Tutte queste articolazioni hanno capsule articolari, rinforzate da legamenti laterali, che, in relazione alla natura artrodica dell'articolazione metacarpo-falangea, sono quivi più deboli ed estensibili, mentre invece sono più robusti e resistenti nei ginglimi falangei. Al palmo, la capsula metacarpo-falangea forma, in un proprio ingrossamento, il legamento trasverso, in cui passa il tendine del flessore delle dita.

Oltre ai muscoli di derivazione dall'avambraccio, la mano possiede i seguenti muscoli proprii. Tre muscoli *inter-ossei interni*, che dal margine ulnare del metacarpo dell'indice e dal margine radiale del metacarpo dell'anulare e del mignolo s'inseriscono alla superficie dorsale delle prime corrispondenti falangi, che adducono al medio. Quattro muscoli *inter-ossei esterni* (*divaricatori delle dita*) che partono dagli opposti margini degli spazii inter-ossei dei metacarpi e vanno: il primo al dorso dell'indice, il secondo ed il terzo ai lati del medio, il quarto al margine ulnare dell'anulare. La testa del primo, che parte dal metacarpo del pollice, si considera anche come muscolo speciale *abdutore dell'indice*.

Vi hanno inoltre, come muscoli speciali del pollice: l'*abdutor breve*, dal legamento del carpo alla prima falange: l'*oppositore*, sotto il precedente, dallo stesso legamento al margine radiale del metacarpo: il *flessor breve*, dallo stesso legamento, non che dal multangolo maggiore, dal capitato ed uncinato alla prima falange: l'*addutore*, dal terzo e quarto metacarpo alla prima falange; come muscoli speciali del mignolo: l'*abdutore*, dal pisiforme al dorso del mignolo: il *flessor breve*, dal legamento del carpo e dall'osso uncinato al margine ulnare del mignolo: l'*oppositore*, come il precedente, ma più esteso verso il palmo.

La mano, che Anassagora chiamava l'*organo degli organi*, rap-

presenta un meraviglioso meccanismo, nella cui massima solidità, congiunta alla massima mobilità, sono raggiunti i precipui scopi della presa, del tasteggiamento e della mimica, in modo da essere quest'organo idoneo non solo a dare i prodotti dal più rozzo al più delicato lavoro manuale, ma da concorrere anche in molta parte co' suoi movimenti alla espressione del pensiero. È per la mano, rimotrice di macigni, conduttrice di minianti matite, che l'uomo il più inerme degli animali, stese su essi e sulla inanimata natura il suo imperio. Composta di 27 ossa e mossa da 40 muscoli, non avrebbe mai potuto con poche ossa o con un solo osso identicamente conformato, ma più facile a frangersi, aggiungere ad una mobilissima solidità quella squisitezza di tatto, che può estendersi in ogni direzione per la sensibilità della sua cute e per l'apposizione sua alla estrema punta di un liberissimo arto.

D'altra parte, la poca mobilità del metacarpo rende la mano robusta puntellatrice e sostenitrice di pesi, offrendo in pari tempo un punto fisso alle dita, che a guisa di pinzette afferrano gli oggetti. Più libero il metacarpo del pollice per la natura della sua articolazione non vincolata da sodi e robusti legamenti agli altri metacarpi, più di essi concorre con quello del mignolo a conformare il palmo della mano a semi-canale, che può essere convertito in vera camera chiusa flettendo le dita.

Di una speciale importanza per la mano, considerata come organo di presa, è la opponibilità del pollice, resa possibile, oltrecchè dai muscoli, dalla direzione e dalla conformazione (*a sella*) dell'articolazione del suo metacarpo col multangolo maggiore. In questa articolazione, il cui massimo diametro è quasi verticale al palmo della mano, le superficie articolari (concavo-convesse) avendo due direzioni rispettivamente perpendicolari, permettono la rotazione del metacarpo al dintorno di due assi pur rispettivamente perpendicolari nei movimenti di flessione ed estensione, di abduzione ed adduzione, il quale ultimo, a differenza di quello delle altre dita, può compiersi anche a pollice flesso. Essendo poi tale la direzione dell'asse di flessione, che il pollice venga tratto in questo movimento col suo metacarpo obliquamente verso il palmo della mano, ne deriva, che variamente combinandosi nel medesimo i movimenti di flessione ed adduzione, possa agire come branca di pinzetta con ciascuna delle altre dita, o con varii gruppi di esse, od anche con tutte.

L'articolazione a ginglimo delle dita, che per ragione di maggiore resistenza della mano, non permette il loro arrovesciamento all'indietro, permette però un diverso grado di flessione ad uncino e

le articolazioni metacarpo-falangee permettono alla lor volta un diverso grado di avvicinamento del medesimo al palmo. Per questa disposizione e per la diversa lunghezza delle dita, che le rende specialmente idonee alla presa di oggetti sferici, possono esse adattarsi, nella presa, alla varia curvatura degli oggetti medesimi e comprimendoli al palmo, tenerli, senza bisogno del pollice. Questo mezzo di presa però diventa meno sicuro col crescere della grossezza dell'oggetto, perchè diminuisce la curva cilindrica delle dita estendentisi, ed è perciò che nella maggior parte dei casi adoperiamo la mano a pinzetta. La quale pinzetta, benchè dal pollice, che ne rappresenta una branca, possa essere formata in concorso di ciascuno delle altre dita, pure per la indipendenza dei movimenti del solo indice e per la dipendenza specialmente del terzo e del quarto (causata dalla rigidità dei legamenti e dalla mancanza di flessori ed estensori proprii per ciascun dito) vediamo farsi di prevalenza in concorso di molte dita, coll'evidente effetto di estendere la superficie tattile, quale si ottiene variando anche la estensione della pinzetta e girando con movimenti di ab ed adduzione le tasteggianti punte delle dita sulla superficie degli oggetti.

Il guardarsi reciproco dei palmi a braccia pendenti e il loro incontrarsi al piegare dei cubiti, accennano alla convenienza meccanico-tattile del contemporaneo impiego delle due mani, la proficuità del cui simultaneo esercizio, più danneggiata dalla mancanza di una mano di quello il sia dalla mancanza di un occhio la vista, si riassume nel detto: *una mano lava l'altra.*

§ 111. *Arti pelvici.*

Gli arti pelvici rappresentano in certa guisa due colonne, le quali, mediante la interposizione del bacino, sostengono il tronco. Per la relativa altezza del centro di gravità e per la esilità della base (rappresentata dall'asse inter-cotiloideo) il tronco è labilmente equilibrato su queste colonne, relativamente esili e lunghe, capaci però di accorciarsi a *zic* a *zac* e dotate della mobilità necessaria per servire alla locomozione.

Gli arti pelvici riproducono del resto i toracici nel senso, che hanno nelle ossa innominate i rappresentanti delle scapole: nelle articolazioni coxale, genicolare, tarsica, metatarsica e digitale i rappresentanti delle articolazioni brachiali.

BACINO. Le *ossa innominate*, distinte per i loro centri di ossificazione in *ileo*, *ischio* e *pube*, formano nel bacino un anello osseo, chiuso posteriormente dal sacro, per mezzo delle sinfisi sacro-iliache,

anteriormente dalla sinfisi del pube. Questo anello osseo, che sostiene alla base del sacro la colonna vertebrale e che è alla sua volta lateralmente sostenuto dalle gambe, è inclinato per modo, che il suo diametro antero-posteriore (dal centro del promontorio al margine superiore della sinfisi pubica) forma coll'orizzonte un angolo di 63°, 51′ (Weber) 65° (Nägele) alquanto più acuto nel maschio.

Il bacino non sopporta soltanto il tronco, ma ricetta molti organi e sostiene gli intestini, specialmente nell'uomo, il quale per la sua posizione eretta, ha appunto, in vista di questo, più sviluppate che negli animali le creste iliache.

Le sinfisi sacro-iliache, le quali, secondo Luschka, sarebbero invece delle vere articolazioni, perchè aventi cavità articolare con sinoviale ed epitelio, sono rinforzate dal periostio e dai legamenti: *sacro-iliaci lungo* e *breve,* dalle spine posterior-superiore e posterior-inferiore dell'ileo al margine laterale del sacro; *ileo-lombare,* dall'apofisi trasversa dell'ultima vertebra lombare, biforcato, alla tuberosità dell'ileo ed alla base del sacro, d'onde, passando sulla sinfisi, si espande alla superficie interna dell'ileo. Oltrecchè da questa specie di legamenti articolari, le ossa innominate sono assicurate al sacro dai legamenti: *sacro-ischiatici* e *sacro-pubici,* i quali, insieme alla sinfisi del pube (organizzata come le cartilagini intervertebrali) ed a' suoi *legamenti arcuati superiore* ed *inferiore* garantiscono all'anello bacinico la sua solidità.

Si comprende la convenienza della interposizione di questo anello fra il tronco e le gambe, quando si pensi alla difficoltà di sostenere equilibrato il tronco se le gambe si fossero articolate direttamente alla colonna vertebrale. La interposizione del bacino porta un allungamento dell'asse trasversale di sostegno, per cui resta facilitato l'equilibrio e il cómpito dei muscoli si riduce soltanto ad impedire la ricadenza anteriore o posteriore del tronco.

Il bacino, che agisce come l'asse di riunione delle ruote di un carro, aveva bisogno di essere rigido, e sebbene non sia tale in modo assoluto, pure nessuna sua parte è flessibile in un piano verticale e la flessibilità dipendente dalle sue articolazioni è pressochè nulla rispetto al peso del tronco. Ove questa aumenti per rammollimento delle sinfisi (come nella gravidanza) in allora vediamo derivarne la incertezza dell'incesso.

Causa l'appoggio della colonna vertebrale sovra un punto posteriore del bacino, la sua inclinazione diventava necessaria per l'equilibrio del tronco. Quest'ultimo infatti non può restare equilibrato sulle gambe, se non quando la perpendicolare tesa dal suo centro

di gravità cada sulla linea di sostegno, rappresentata dall'asse inter-cotiloideo. Passando ora questa perpendicolare nel propontorio (Weber) era necessaria la inclinazione del bacino perchè potesse intersecarsi perpendicolarmente con quest'asse.

COTILE. Sui capi articolari dei femori, reggonsi col bacino, il tronco, la testa e gli arti toracici. Questi capi articolari dovevano essere quindi non solo ben solidi, ma profondamente innicchiati in una cavità, che desse luogo ad un' articolazione assai robusta e meno mobile di quella dell'omero.

È infatti l'articolazione coxale una limitata artrodia, risultante dalla rotazione dello sferico capo del femore nella pur sferica cavità coxale, scolpita nel punto di convergenza ileo-ischio-pubica e completata da un anello fibro-cartilagineo, che forma una specie di cilio all'acetabulo osseo, sulla cui incisura trascorre a guisa di ponte, lasciando un foro pel passaggio dei vasi. Questo labbro cartilagineo, che concorre a formare la cavità cotiloidea, concorre pure a trattenere nella medesima il capo articolare, che vi entra per oltre la metà della propria estensione, formando in ogni senso delle curve di oltre 180°, con incessante contatto delle due superficie articolari. Oltrecchè però da questo mezzo, il capo articolare è assicurato nella cavità cotiloidea:

1.° Dalla *capsula articolare*, che partendo dal margine osseo della cavità articolare, comprende quindi anche il labbro cartilagineo ed è anteriormente rinforzata da un robusto legamento, il quale dalla spina anteriore-inferiore dell'ileo si estende in parte alla linea inter-trocanterica e in parte circonda, sotto forma di *zona orbicolare* (di Weber) il collo del femore senza aderirvi, limitando la estensione della coscia, non la flessione e la rotazione sull'asse.

2.° Dal *legamente rotondo* (*teres*) che dall'incisura dell'acetabolo, a giusta inclinazione del bacino si eleva verticalmente nella cavità articolare, per inserirsi nel capo articolare, limitando l'adduzione in concorrenza di quella parte del precedente che s'inserisce alla linea inter-trocanterica.

3.° Dalla *pressione atmosferica*. I fratelli Weber furono i primi ad avanzare questa considerazione, che le cavità articolari essendo vuote di aria, la pressione atmosferica deve concorrere a mantenervi in parte i capi articolari. Ciò vale per tutte le articolazioni, ma più specialmente per quella così estesa del cotile, nella quale, se il labbro cartilagineo concorre a superare i 180° di entratura del capo, non potrebbe valere, senza suo danno, a sostenere tutto il peso dell'arto, quando questo peso non fosse controbilanciato dalla pressione atmosferica. Questa pressione, che elidendo il peso degli

arti, rende più agevole il cómpito della muscolatura, è dimostrabile: dal vedersi trattenuto il capo nella cavità dal labbro cartilagineo che agisce da valvola, impedendo l'accesso dell'aria, quando si tagli la capsula: dal vedersi fuoruscire quando dall'interno del bacino si pratichi un foro nella parete della cavità, ed essere ancora trattenuto quando, introdottolo, si chiuda bene il foro col dito: dal vedersi finalmente fuoruscire il capo (a capsula intatta) o rientrare, quando si aspiri o si dia aria ad una macchina pneumatica, sotto la quale siasi messo il bacino con un moncone di cotile. Vedremo i vantaggi di questa pressione, la quale dovendo neutralizzare il peso degli arti, per distruggerne l'attrito nei cotili, e farli agire a guisa di pendolo, varia naturalmente collo sviluppo dell'organismo e della stessa articolazione, eguagliando il peso di una colonna barometrica di mercurio, di diametro eguale a quello dell'entrata nella cavità cotiloidea (in media 13 chilog. per 750 mm.).

I movimenti dell'articolazione coxale sono: 1.° Di flessione ed estensione in arco di circa 139 gradi. 2.° Di più estesa abduzione, di meno estesa adduzione. 3.° Di rotazione intorno all'asse.

Questi movimenti sono determinati dai seguenti muscoli:

1.° Il *grande gluteo* dalla superficie esterna della cresta iliaca del sacro e dell'ischio in massima parte al gran trocantere ed alla linea aspra del femore. Principalmente estensore e rotatore esterno della coscia, è anche abdutore colle sue fibre superiori, addutore, colle inferiori; rotea il bacino nella stazione unipede, favorisce l'estensione del tronco flesso nella bipede.

2.° Il *gluteo medio*, sotto il precedente (parimenti dalla cresta iliaca alla punta e superficie esterna del gran trocantere) abdutore e rotatore interno della coscia flessa, coadjuvato in questo dal *tensore della fascia lata*, che dalla spina superiore anteriore dell'ileo s'insinua nella fascia al davanti del gran trocantere.

3.° Il *gluteo minimo*, sotto il precedente ed identico nell'azione, si estende a mo' di ventaglio spiegato dalla cresta iliaca, concentrando le sue fibre nella punta del gran trocantere.

4.° Il *piramidale*, dal sacro e dalla sinfisi sacro-iliaca esce trasversalmente dal bacino pel maggior foro ischiatico, s'inserisce nel gran trocantere al dissotto del gluteo-minimo, e rotea la coscia all'esterno.

5.° I due *otturatori* esterno ed interno. Il primo, spiccatosi dai margini del foro otturatorio, esce dal bacino pel minor foro ischiatico, d'onde, coi *muscoli gemelli* (dalla spina e tuberosità ischiatica) s'inserisce nella fossa trocanterica, roteando la coscia all'esterno. Il secondo, dal margine del foro otturatorio alla fossa trocanterica, agisce come il precedente.

6.° Fortissimo rotatore esterno è pure il *quadrato*, dalla tuberosità ischiatica alla *linea aspra* discendente dal gran trocantere.

A questi muscoli, che in genere si estendono trasversalmente dal bacino alla estremità superiore del femore, formando la parte posterior-superiore della coscia, debbonsi aggiungere, come passanti al davanti della medesima, il *grande psoas* e l'*iliaco interno*. Il primo di questi discendendo dalle vertebre dorsali e lombari, entrando nel bacino ed uscendone per l'arco del Poupart e ricevendo le fibre dell'iliaco procedenti dalla superficie interna della cresta iliaca, va al piccolo trocantere, flettendo, adducendo e roteando la coscia all'esterno. Il *piccolo psoas*, di rara esistenza al margine interno del grande, dalle ultime vertebre dorsali alla fascia iliaca, è tensore di essa.

Tutti i muscoli fino ad ora enumerati, sono prevalentemente rotatori della coscia, e per la massima parte rotatori esterni, non essendo, come vedemmo, rotatori interni, che la parte anteriore del gluteo medio col tensore della fascia. Questa prevalenza dei rotatori esterni (che insieme agli interni trovano un braccio di leva nei trocanteri) è giustificata dalla circostanza, che i rotatori esterni, siccome quelli che hanno il loro attacco al bacino, sono pure incaricati di bilanciare quest'ultimo e per esso il tronco sui capi articolari dei femori.

A questi muscoli, dobbiamo aggiungere come anteriori della coscia:

Il *muscolo sartorio*, che dalla spina anterior-superiore dell'ileo diagonalmente per la coscia alla spina della tibia, ajuta l'adduzione della coscia e la flessione della gamba, roteandola, flessa, all'interno.

Il *tricipite addutore*, divisibile in *addutor lungo*, dal pube pel davanti della coscia alla linea aspra del femore; *breve*, analogo attacco; e *grande* (dal pube ed ischio lungo tutta la linea aspra dal piccolo trocantere al condilo interno) il più robusto degli addutori, attivissimo in chi cavalca e vero *custos virginum* degli antichi. È coadjuvato dal *pettineo*, che estendendosi dal pube per la parte anteriore della coscia al piccolo trocantere, adduce la coscia e la rotea all'esterno.

Tuttochè agiscano di preferenza sulla gamba, coadjuvano però anche l'adduzione della coscia:

Il *retto esterno* e i tre *vasti* (esterno, interno e medio) che dalla spina anteriore-inferiore dell'ileo, dal gran trocantere, dalla linea aspra ed inter-trocanterica hanno attacco inferiore comune alla rotula, col mezzo della quale (unita per legamento alla tibia) estendono la gamba.

Il *retto interno* o *gracile*, che estendendosi dall'arcata pubica alla superficie interna della tibia, adduce la gamba e la rotea all'interno se flessa.

Il capo articolare del femore può roteare su tutti i suoi assi. L'estensione del movimento però non è eguale in tutte le direzioni e quasi in nessuna può raggiungere quel grado che sarebbe permesso dalla estensione della superficie di contatto. A femori fissi possiamo flettere od estendere su essi il bacino, a fisso bacino estendiamo su esso o flettiamo i femori. È questo il movimento più importante, siccome quello che ha luogo nell'incesso. Weber ha determinato, che a risparmio di forza muscolare, i femori, in questo movimento, soggiacciono in molta parte alle leggi del pendolo, come vi soggiacciono quando nel cadavere si allontanano dalla perpendicolare. Essendo ora a notarsi, che a tronco verticale, sull'arco sommario di rotazione verticale del femore in 139 gradi più di 100 gradi spettano alla flessione e meno di 39 alla estensione, ne verrà, che nell'incesso a tronco verticale gli arti non potranno descrivere al massimo che un arco di meno che 78 gradi, formando anteriormente e posteriormente col tronco un angolo eguale di più che 140 gradi. Inclinando il tronco in avanti per modo che esso formi colla verticale un angolo, per esempio, di 10 gradi, il femore, pur mantenendo con esso posteriormente un angolo di 140 gradi, potrà aumentare a 49 gradi la propria estensione, e dovendo in allora (per ottemperare alla legge del pendolo) avanzar pure a 49 gradi la flessione, ne verrà, che l'arco sommario di estensione e flessione sarà portato a 98 gradi, aumentato quindi di 20 gradi sui 78 che descrive a tronco verticale. Ciò è lo stesso che dire, che inclinando il tronco in avanti, possiamo fare un passo più lungo, come infatti vediamo avvenire involontariamente per tutti che allungano il passo.

Quanto ai movimenti di abduzione ed adduzione, il primo è, in posizione eretta, molto più esteso del secondo, perchè in questa posizione il legamento teres, che discende verticalmente dalla testa del femore al margine della cavità cotiloidea e trovasi quindi nel piano di rotazione, oppone resistenza per lo stiramento che subisce. L'abduzione invece, non ostacolata dal teres, è limitata dalla tensione della capsula articolare e dei muscoli. Henle vorrebbe che prima che dal teres, l'adduzione sia limitata dal legamento ileo-femorale, e che si mantenga istessamente limitata a teres reciso. Senza disputare in proposito, vedremo più innanzi di quale importanza sia per l'incesso la limitazione dell'adduzione, la quale però, ripetiamo, non ha luogo che a tronco verticale, aumentando invece a coscie flesse sul bacino, o a bacino flesso sulle coscie.

Quanto finalmente al movimento rotatorio del femore sul suo asse longitudinale, ha desso nelle diverse posizioni delle determinate limitazioni. Così, per esempio, a femore flesso ad angolo retto

verso il bacino, avvenendo la rotazione del capo in un piano perpendicolare, corrispondente quindi a quello del teres, limita esso la rotazione esterna, come limita l'adduzione a femore esteso.

GINOCCHIO. L'articolazione del ginocchio è formata dai due condili del femore e dalla tibia. La superficie articolare di quest'ultima è divisa da una cresta mediana antero-posteriore in due parti, di cui l'interna debolmente e circolarmente concava nel centro, la esterna leggermente convessa nel senso antero-posteriore, concava nel senso trasversale. I due condili del femore sono talmente incurvati, da toccar sempre con un sol punto le superficie articolari della tibia; la loro curvatura però, nel senso antero-posteriore, non è sferica, ma di raggio decrescente dall'avanti all'indietro.

L'articolazione del ginocchio permette un movimento di flessione ed estensione in arco di 180° ed un più limitato movimento di pronazione e supinazione possibile però soltanto a gamba flessa. Il ginocchio agisce quindi analogamente al cubito, solo che non avvi la concorrenza della fibula, come v'ha quella del radio nel cubito, e non vi hanno sporgenze ossee, le quali, come il processo coronoideo ed il grande olecrono, limitano la mobilità del cubito, essendo invece al ginocchio determinata questa limitazione dalla resistenza e dalla specialità dei rapporti anatomici de' suoi legamenti.

Questi legamenti sono:

1.° Le *fibro-cartilagini inter-articolari*, che aumentano la estensione di contatto dei condili, diffondendo anche colla loro elasticità la pressione, come fanno i cuscini che si mettono in testa per portare i pesi. Sono cartilagini falcate, che col margine convesso più grosso aderiscono alla capsula, col margine concavo guardano la linea divisoria dei condili, alle cui estremità anteriore e posteriore aderiscono per brevi legamenti. La esterna, più sottile e meno aderente alla capsula, è anche più mobile.

2.° I due *legamenti crociati*, dei quali uno anteriore, dalla superficie interna del condilo esterno del femore va all'estremità anteriore della cresta inter-condiloidea della tibia; l'altro posteriore, dalla superficie interna del condilo interno va all'estremità posteriore della medesima cresta. Limitano la flessione e l'estensione.

3.° La *capsula articolare fibrosa*, abbastanza lassa per non impedire i diversi movimenti del ginocchio, accoglie in una nicchia cartilaginea anteriore la rotula ed è rinforzata posteriormente dal *legamento popliteo* (dipendenza del tendine del semi-membranoso e gastronemio) che si estende dal condilo esterno del femore all'interno della tibia e che arretra la capsula nella flessione per impedirne l'inflessione. La capsula membranosa è rivestita internamente

dalla sinoviale, che ai lati della rotula manda nell'articolazione due propagini adipose (*legamenti alari*) confluenti nella fossa inter-condiloidea in un solo *legamento mucoso*.

4.° I due *legamenti laterali* esterno ed interno sono fuori della capsula e si estendono: il primo dal condilo esterno del femore all'esterno della tibia; il secondo, più largo, più lungo e più robusto, ha identico attacco ai condili interni.

I diversi movimenti della gamba, oltrecchè dai menzionati *sartorio* (flessore e rotatore interno) *retto esterno* e *vasti* (estensori) sono prevalentemente determinati da un gruppo di muscoli decorrenti lungo la superficie posteriore della coscia ed estendentisi in genere dalla tuberosità dell'ischio alla gamba, per cui agiscono preferibilmente da flessori. Il *bicipite*, il *semi-tendineo* e il *semi-membranoso*, formano questo gruppo di muscoli, il primo dei quali traendo un secondo capo dalla linea aspra, s'attacca, sotto il legamento laterale esterno, alla testa della fibula; gli altri due alla superficie interna della tibia. Aggiungasi il *popliteo* (dal condilo esterno del femore posteriormente, allo spigolo interno e alla linea poplitea della tibia) flessore e rotatore interno della gamba.

Il concetto prevalente nella struttura del ginocchio è la solidità del sostegno. In posizione eretta femore e tibia sembrano fusi in un tutto inflessibile. Se fosse stato altrimenti, se i femori, per esempio, avessero dovuto equilibrarsi sulla tibia, la posizione eretta avrebbe richiesto un ben complicato e stanchevole lavoro muscolare. Ciò si evita colla inflessibilità laterale della gamba, e colla sua flessibilità posteriore, in senso inverso quindi a quella del femore. Ne viene, che nella stazione non hanno ad agire che i muscoli estensori per impedire la flessione ed anche questo lavoro viene ad essere diminuito dalla circostanza, che nella stazione comoda, diamo al tronco, alla coscia ed alle gambe una tal posizione, per la quale la linea di gravità passa un po' al di dietro delle articolazioni del cotile, un po' al davanti delle articolazioni del ginocchio, per cui il peso del corpo non tende a flettere, ma a rinforzare anzi la estensione delle gambe.

L'articolazione del ginocchio non può essere rigorosamente rifeferita al ginglimo semplice o al ginglimo trocleare, perchè i condili del femore non roteano sopra un asse immobile, ma roteano come ruote sulla tibia, all'innanzi nella estensione, all'indietro nella flessione, con quindi corrispondente spostamento paralello dell'asse di rotazione. E questa rotazione con spostamento dell'asse non è libera, ma accompagnata da lieve strisciamento (maggiore pel condilo interno) come potrebbero fare delle ruote impedite.

Nel movimento di pronazione e supinazione della gamba flessa i condili del femore si comportano come le ruote anteriori di un carro che volta; l'asse di rotazione cade nel punto di contatto del condilo interno colla tibia, mentre il condilo esterno rotea strisciando, come ruota impedita, al dintorno di quest'asse.

A gamba estesa sono specialmente i legamenti laterali, a gamba flessa i crociati, quelli che garantiscono la solidità dell'articolazione e ne limitano i movimenti. Per la specialità del loro attacco, i legamenti laterali rappresentano in certa guisa il raggio della curva circolare dei condili. Essendo ora questo raggio più lungo per la porzione anteriore che non per la porzione posteriore del condilo, ne verrà, che i legamenti laterali dovranno essere tesi, quando nella estensione rappresentano il raggio di un circolo maggiore, rilasciati invece quando nella flessione si avanza sotto di essi la curva posteriore del condilo, spettante ad un circolo minore. Per questa disposizione appartiene specialmente ai legamenti laterali di garantire la inflessibilità della gamba distesa, quantochè impediscono la flessione anteriore e la rotazione sull'asse longitudinale. Il più completo rilasciamento del laterale esterno a gamba flessa, è la causa per cui il condilo esterno striscia meno dell'interno e rotea liberamente al dintorno di questo nel movimento rotatorio della gamba flessa.

Precipua azione dei legamenti crociati è quella di mantenere la contiguità delle superficie articolari nel movimento di flessione. Non agiscono però simultaneamente, poichè in allora impedirebbero ogni movimento, come appunto fanno i legamenti laterali nella estensione. Sono essi talmente disposti che nella flessione si rilascia il legamento crociato anteriore e si tende il posteriore, viceversa nella estensione, con incipiente tensione anche del posteriore quando la estensione sia estrema. Il legamento anteriore costringe quindi i condili alla rotazione anteriore nella estensione; il posteriore alla rotazione posteriore nella flessione, che limita anche colla sua stessa tensione. Avvolgendosi anteriormente o posteriormente non ostano ai movimenti rotatorii, dei quali però è limitato quello di rotazione interna dal legamento laterale esterno, quello di rotazione esterna dal crociato anteriore.

La menzionata precipua azione dei legamenti crociati è dimostrata dal fatto, che tagliando a gamba estesa i legamenti laterali, la gamba potendo roteare liberamente svolge i legamenti crociati, che cessando di essere tali, non valgono più a mantenere la contiguità delle superficie articolari.

La rotella non ha a che fare col meccanismo dell'articolazione genicolare. Essa può mancare od essere congenitamente lussata, senza che il movimento dell'articolazione differisca dal normale.

PIEDE. Delle sette ossa del tarso (*astragalo*, *calcagno*, *navicolare*, tre *cuneiformi* e *cuboideo*) il solo astragalo forma colla tibia e colla fibula l'articolazione della gamba col piede, avente una superficie articolare convessa nel senso antero-posteriore, concava nel senso trasversale, ed estendentesi ad angolo retto in due superficie articolari laterali, di cui più lunga e concava la esterna più breve la interna. Questa superficie articolare dell'astragalo s'insinua nella cavità articolare formata dalla tibia e dalla fibula e lateralmente limitata dai due malleoli.

L'astragalo però dà pure anteriormente un capo articolare insinuantesi nella cavità articolare formata lungo il margine interno del piede dall'osso navicolare, ed inferiormente presenta invece una cavità articolare, che ricetta il capo articolare del calcagno, alla sua volta offerente anteriormente una superficie articolare concava alla posteriore convessità articolare del cuboideo. L'anteriore superficie dell'osso navicolare, convessa nel senso trasversale, accoglie la superficie posteriore concava dei tre cuneiformi, il terzo dei quali offre pure all'esterno una superficie articolare piana al piano margine articolare interno del cuboideo, una superficie opposta lievemente concava al margine esterno del secondo, il quale alla sua volta con una superficie leggermente convessa si articola al primo, in una linea diretta presso a poco dal malleolo interno alla punta del mignolo.

Per la maggiore procidenza anteriore del primo cuneiforme al margine interno del piede, è portata più anteriormente la sua convessa superficie di articolazione col primo metatarso, mentre col suo margine esterno presenta una concava superficie articolare al margine interno del secondo metatarso. Quest'ultimo, alla sua volta, offre posteriormente una superficie articolare leggermente concava al secondo cuneiforme, mentre col terzo metatarso si articola, pressochè sulla medesima linea, il terzo cuneiforme e colla lievemente convessa superficie anteriore esterna del cuboideo si articolano il quarto ed il quinto metatarso.

I cinque metatarsi presentano anteriormente capi convessi ed allungati dall'alto al basso di articolazione colle prime falangi, le quali nel loro numero, forma e rapporti si comportano analogamente a quelle delle dita.

I legamenti dell'articolazione dell'astragalo colla gamba, le cui ossa lo abbracciano a guisa di pinzetta, sono rappresentati dalla *capsula articolare*, da tre legamenti *laterali esterni* (divergenti dal malleolo esterno alla fibula, all'astragalo, al calcagno) e da un solo legamento *laterale interno*, che dal corrispondente malleolo discende pure all'astragalo ed al calcagno.

Per la resistenza che la volta del piede deve opporre al peso del corpo i legamenti tarsici e metatarsici devono essere assai robusti, specialmente alla pianta. Ogni articolazione del carpo è ridotta infatti più o meno ad una anfiartrosi (§ 75 I) da una capsula articolare e da rubusti legamenti che la sussidiano. L'articolazione dell'astragalo coll'osso navicolare è la più mobile per la sfericità del capo dell'astragalo, suscettibile di roteare. Il cuboideo e i tre cuneiformi hanno capsula comune. Fra i legamenti prevalgono l'*inter-tarseo* fra astragalo e calcagno; il *calcaneo-cuboideo plantare* e il *calcaneo-navicolare plantare*. Alle quattro articolazioni tarso-metatarsee le capsule articolari sono rinforzate da legamenti longitudinali e trasversi, dorsali e plantari, mentre le articolazioni metatarso ed inter-falangee rassomigliano a quelle della mano; prossime all'artrodia le prime, semplice ginglimo le seconde, con capsule articolari rinforzate da legamenti laterali esterni ed interni e fatte cartilaginee alla pianta o trasformate anche in ossa sesamoidee, come al pollice, all'osso cuboideo ed altrove.

Il piede è suscettibile di un movimento di flessione ed estensione, di un movimento di ab ed adduzione, di un movimento rotatorio di pro e supinazione.

Il primo di questi movimenti avviene nell'articolazione dell'astragalo colla gamba (ginglimo trocleare) sovra un asse orizzontale che passa trasversalmente nell'astragalo, un po' al disotto del malleolo interno. Supposto il piede in posizione propria della stazione orizzontale, può da questa posizione flettersi od estendersi in arco quasi eguale, sommariamente rappresentato da 78°, mentre non lo sono che da archi sommarii di 20 e 42 gradi i movimenti di ab ed adduzione, di pro e supinazione. L'estensione e la flessione sono limitate dalla tensione rispettiva dei legamenti anteriori e posteriori, mentre per la minor tensione del legamento laterale interno il corrispondente malleolo potrebbe, secondo alcuni, girare alquanto al dintorno del malleolo esterno, come fa nel ginocchio il condilo esterno rispetto al condilo interno del femore.

Non è ancora bene chiarita e in molta parte controversa l'azione delle articolazioni dell'astragalo colle ossa della gamba. Alcuni ammettono la possibilità che il movimento di ab ed adduzione avvenga fra le articolazioni laterali dell'astragalo e i malleoli. La disposizione di queste articolazioni non osta certo a questa credenza, che ammetterebbe una rotazione dell'astragalo in un piano orizzontale, come non osta alla possibilità che nella stessa articolazione si faccia pure un lieve movimento di pronazione e supinazione per rotazione del medesimo astragalo in un piano verticale. Indubbiamente però questi due

movimenti risultano dalla pur combinata azione delle articolazioni dell'astragalo col calcagno e coll'osso navicolare.

I muscoli che determinano i diversi movimenti del piede ed altri dei metatarsi e delle dita, possono essere distinti in muscoli della gamba e muscoli del piede.

I muscoli della gamba aggregati in tre gruppi alla parte anteriore, esterna e posteriore di essa, partono in genere dalla estremità inferiore del cotile o dalla superiore delle ossa della gamba, per attaccarsi alle ossa del piede e prolungarsi anche fino alle dita.

Al primo gruppo di muscoli anteriori spettano: il *tibiale anteriore* (dalla tuberosità e superficie esterna della tibia al primo cuneiforme e base del metatarso del pollice) flette il piede e lo rotea anche, volgendone verso l'alto il margine interno; l'*estensor lungo del pollice*, dalla superficie interna della fibula al metatarso e seconda falange di questo dito; l'*estensor comune lungo delle dita*, dal condilo esterno della tibia e dalla fibula, divide al piede il suo tendine in cinque parti, che vanno al dorso delle dita, fondendosi quivi coll'estensor breve.

Al secondo gruppo di muscoli (esterni) spettano i due *peronei lungo* e *breve*, che dalla testa e metà superiore del perone, nonchè dalla sua metà inferiore fino al malleolo (*breve*), estendono i loro tendini dietro il malleolo esterno, d'onde il lungo, dal margine esterno del calcagno per la superficie plantare passando al margine interno, s'inserisce al primo cuneiforme ed alla base dei primi due metatarsi, mentre il breve, coperto dal precedente, decorrendo lungo il margine esterno del piede, s'inserisce alla tuberosità del quinto metatarso. Estendono il piede, lo abducono e volgono alquanto all'esterno la pianta.

Il terzo gruppo comprende i più numerosi muscoli posteriori, divisi da una propagine della fascia in superficiali e profondi, e riducibili i primi al *gemello*, al *soleo* e al *plantare:* i secondi, al *tibial posteriore*, al *flessor comune lungo delle dita*, al *flessor lungo del pollice*. Il gemello, dai condili del femore; il soleo dalla testa del perone e dalla parte superiore del margine interno della tibia; il plantare dal condilo esterno del femore, fondonsi a formare il *tendine di Achille* (alla tuberosità del calcagno) estendendo il piede.

Il tibiale posteriore, fra i due susseguenti, dalla superficie posteriore della tibia discende pel maleolo interno e per l'osso navicolare alla pianta del piede, per attaccarsi al navicolare, ai cuneiformi, al cuboideo, alla base del secondo e terzo metatarso, estendendo il piede, elevando il suo margine interno ed adducendolo per modo da agire principalmente nell'arrampicarsi e nell'elevar pesi coi piedi

stando seduti. Il flessor lungo comune, pur dalla superficie posteriore della tibia, coprendo col suo il tendine del precedente dietro il malleolo interno, giunge alla pianta, ove si divide in quattro tendini (alle quattro dita esterne) che si comportano come quelli del flessor profondo delle dita della mano, servendo d'origine a quattro muscoli *lombricali*, perforando i tendini del flessor breve e terminando alla terza falange. Il più esterno dei precedenti, flessor lungo del pollice, dal terzo inferiore del perone, raccoglie il suo tendine dietro il malleolo interno e giunge alla pianta del piede, ove passando, fra le ossa sesamoidee, sull'articolazione metatarso-falàngea del pollice, finisce col fissarsi alla sua seconda falange.

Fra i muscoli del piede, uno solo, l'*estensor breve comune delle dita*, è dorsale e si estende dalla superficie esterna del calcagno in quattro tendini al dorso delle quattro dita interne ove si fondono con quelli dell'estensor lungo. Gli altri sono plantari e divisibili in quattro gruppi che decorrono ai margini interno ed esterno del piede, fra questi e fra le ossa del metatarso. Al primo gruppo di muscoli marginali interni spettano: l'*ab* e l'*addutore del pollice* e il suo *breve flessore*. Al secondo gruppo di muscoli marginali esterni spettano l'*abdutore* e il *flessore del mignolo*. Al terzo gruppo spetta il *flessore breve comune delle dita*, dalla tuberosità del calcagno alla seconda falange delle quattro dita esterne, perforato dal flessor lungo. Al quarto gruppo finalmente spettano i *muscoli inter-ossei*, di cui quattro interni *plantari* adducono le quattro dita al pollice, tre esterni *dorsali* le abducono da esso in concorrenza dell'abdutore del mignolo.

Il piede rappresenta una estesa base delle colonne (crurali) di sostegno del tronco, base che dal numero delle ossa e dalla robustezza dei legamenti è resa solida, senza danno della mobilità, per la quale il piede compartecipa all'incesso. Prescindendo infatti dalla incertezza dell'equilibrio, a numero e lunghezza eguale di passi, si percorre coi monconi crurali una via minore, che andando coi piedi.

Per la procidenza inferiore della tuberosità del calcagno, per la concavità inferiore delle ossa del metatarso, per la loro disposizione in un piano convesso dall'esterno all'interno, la pianta del piede viene a formare una volta più arcuata verso il margine interno, che poggia sul terreno in tre punti, segnanti un triangolo e rappresentati: posteriormente dal calcagno, anteriormente dalle articolazioni falangee del primo ed ultimo metatarso. Benchè questa volta sia formata da molte ossa riunite per articolazione e rinforzate da legamenti, pure, il peso del corpo, che gravita per mezzo della tibia

sulla parte interna più arcuata di questa volta, tende ad appianarla, con aumento di lunghezza e larghezza del piede. Dei tre punti d'appoggio il più mobile, quinto metatarso, è quello che maggiormente cede, per adattar meglio il piede alle ineguaglianze del terreno. Questo punto, che a piede elevato è più basso degli altri, appoggia primo sul terreno e cedendo s'innalza, fino a quando gli altri due punti abbiano fatto solido appoggio.

Le dita del piede, anatomicamente analoghe a quelle della mano, non lo sono fisiologicamente, poichè, molto più che alla presa, sono condizionate all'incesso, nel cui meccanismo entrano, presentando alle gambe che si elevano sulle teste dei metatarsi un appoggio sicuro e facilmente adattabile al terreno. Gli è perciò che le dita del piede sono assai flessibili ed estensibili non solo, ma anche ab ed adducibili, onde aumentare la estensione della superficie basale. Le ossa sesamoidee, che trovansi costantemente alla prima articolazione metatarso-falangea, difendono questa articolazione dalla soverchia pressione che gravita su essa, specialmente quando ci eleviamo sulle punte dei piedi. Nella nicchia lasciata da queste ossa, può ancora, malgrado la pressione, roteare liberamente la testa del metatarso.

§ 112. *Della stazione.*

Per una giusta valutazione del meccanismo di stazione e locomozione del corpo è necessario stabilirne il centro di gravità. Già Borelli, poi Weber se ne occuparono, bilanciando su lama metallica l'uomo supino su di un asse. Il centro di gravità del corpo determinato in questo modo trovasi sulla verticale passante nel promontorio. Togliendo gli arti pelvici al cadavere si può nello stesso modo determinare il centro di gravità speciale del tronco, cadente in un piano p, che dal limite sterno-xifoideo discende verticalmente alla colonna vertebrale, quindi al disopra dell'asse inter-cotiloideo. Bilanciando ora in posizione militare il tronco sui cotili, il centro di gravità del tronco deve cadere presso a poco nel piano p', che passando verticalmente pel centro dei due capi cotiloidei, corrisponde al margine anteriore dei due grandi trocanteri e taglia le apofisi mastoidee. Conducendo ora in questo piano una verticale, da cui distino egualmente le parti simmetriche destre e sinistre del corpo, incontrasi essa in un punto del piano p, che è il centro di gravità del tronco e che si troverebbe fra l'appendice xifoidea e l'ottava vertebra dorsale, a circa 50 millimetri da quest'ultima, nel punto, in cui la orizzontale tesa dal processo xifoideo taglia la

verticale tesa dal centro del promontorio all'asse di rotazione della testa sull'atlante. Del resto, secondo risultanze posteriori di Meyer, non si può incondizionatamente designare come centro di gravità del corpo un costante punto anatomico del medesimo, variando esso a norma delle circostanze. Così, per esempio, secondo le indicazioni dello stesso Meyer, nella posizione militare il centro di gravità dista di centimetri 9,5 dall'asse inter-cotiloideo e trovasi in un punto, dal quale, tracciando su quest'asse una linea, lo intersecherebbe sotto un angolo aperto posteriormente a circa 137°. A corpo ben costrutto dovrebbesi quindi cercare in questa posizione il centro di gravità nella seconda vertebra sacrale o al disopra di essa nel canal sacrale.

La *stazione* umana è quella posizione in cui le gambe sostengono il tronco per modo, che il suo centro di gravità cada verticalmente sulla base, formata dai piedi stanzianti.

La stazione opportuna deve essere fissa, duratura e comoda per minore possibile concorrenza di lavoro muscolare.

La principale condizione che si esige per ottenere questo scopo è la rigidità del corpo, il cui centro di gravità deve cadere pressochè verticale sulle articolazioni del piede colla gamba.

La rigidità si può ottenere coi muscoli, ma siccome in allora fallirebbe lo scopo della continuità e della comodità (in causa della stanchezza muscolare) così, con opportuni spostamenti del centro di gravità, lasciamo riposare possibilmente i muscoli e cerchiamo ottenere la rigidità mediante la tensione dei legamenti.

Si vengono quindi ad avere due diverse maniere di stazione. La prima, nella quale si ottiene la rigidità del corpo colla contrazione muscolare, ha per prototipo la stazione militare. La seconda invece, nella quale si ottiene la rigidità del corpo dai legamenti tesi per spostamento del centro di gravità, possiamo dirla stazione naturale.

Stazione militare. Nella stazione militare vi ha uniforme distensione dei piedi sul terreno; uniforme distribuzione del peso del corpo sulle due irrigidite articolazioni coxali e genicolari; piano verticale che comprende il centro di gravità del tronco, passando per l'asse inter-cotiloideo ed inter-condiloideo dei femori, non che per l'asse di rotazione degli astragali.

In questa maniera di stazione l'equilibrio, già per sè stesso difficile pel numero delle parti che verticalmente si sostengono e per la esilità lineare delle basi, può essere facilmente compromesso da ogni movimento della testa, degli arti toracici, ecc., per cui le forze muscolari, specialmente dei flessori e degli estensori, devono essere sempre attivamente vigili per la debita compensazione di ogni spo-

stamento del centro di gravità. Una simile stazione, che richiede una persistente attività muscolare, viene ad essere quindi più faticosa dell'incesso, in cui il lavoro muscolare è alterno.

Stazione naturale. Nella stazione naturale alterniamo invece sull'uno o sull'altro arto la prevalente gravitazione del tronco. Perciò i francesi la chiamano *position hanchée.* L'arto su cui gravita il peso è disteso, il centro di gravità del corpo cade verticalmente sulla sua articolazione astragalo-tibiale, per cui viene ad essere inclinato alquanto verso di esso il tronco. L'altro arto poggiante in genere lievemente in avanti sul terreno, semiflesso al cotile ed al ginocchio, con una lieve estensione di quest'ultimo corregge immediatamente gli squilibrii derivanti da un eventuale spostamento del centro di gravità dall'arto disteso al flesso.

Anche nella stazione militare il lavoro muscolare viene ad essere diminuito dall'arretramento del tronco, per cui il suo centro di gravità, invece di cadere sulla metà della linea inter-cotiloidea, cade al di dietro di questa linea, forzando la estensione dei cotili ed affidando in parte l'equilibrio ai loro legamenti articolari, fra cui specialmente la zona orbicolare di Weber, che rinforza anteriormente la capsula articolare ed il legamento ileo-tibiale immedesimato alla fascia. Osservando infatti di profilo un uomo in posizione militare, vediamo che la verticale dal centro del torace, in cui trovasi il centro di gravità, non cade sui trocanteri, ma dietro di essi. Questi rapporti si verificano in maggior grado per l'arto esteso nella stazione naturale.

Lo spostamento posteriore del centro di gravità, rispetto alla linea inter-cotiloidea, oltre al favorire nell'indicato modo le due maniere di stazione, estende la base del tronco, il quale, senza che si comprometta il suo equilibrio, può, entro certi limiti, spostare il suo centro di gravità (specialmente col movimento delle braccia e della testa) senza richiamare la correttrice attività muscolare, se non quando sia minacciata la caduta anteriore per spostamento del centro al davanti della linea inter-cotiloidea.

Se però lo spostamento posteriore del centro di gravità del tronco favorisce l'estensione dei cotili, favorisce anche la flessione dei ginocchi, che è posteriore e quindi nel senso della estensione cotiloidea. Questo spostamento dovrebbe quindi determinare una tendenza delle gambe a piegarsi e togliere di mezzo la rigidezza necessaria per l'assicurazione dell'equilibrio. Gli è perciò che devono entrare in azione gli estensori, ajutati in questo caso, non come vorrebbero alcuni, da uno spostamento del centro di gravità del corpo anteriore alla linea rotatoria dei ginocchi, che tendesse,

come pei cotili, a forzare la loro estensione, ma, come opina Meyer, dallo stesso legamento ileo-tibiale teso dalla forzata estensione dei cotili. Ciò almeno per la posizione militare, nella quale, mentre possiamo rilevare col tatto la tensione del legamento ileo-tibiale, rileviamo pure, non l'anteriore, ma piuttosto la incidenza posteriore alla linea genicolare della verticale, che cade posteriormente alla linea inter-cotiloidea per arretramento del tronco. In questo caso adunque di stazione militare la estensione dei ginocchi è affidata intieramente ai muscoli ed al legamento ileo-tibiale.

Diversamente avviene nella stazione naturale. Se in questa maniera di stazione, in cui il ginocchio esteso è arretrato, conduciamo la perpendicolare dall'interno del torace, vediamo che il centro di gravità cade al di dietro della linea inter-cotiloidea ed al davanti della linea rotatoria del ginocchio esteso, per cui tende (come dicemmo) a gettarsi sull'avanzato ginocchio flesso. In questo quindi, dovrà diminuire la concorrenza degli estensori del ginocchio, poichè, oltre la tensione del legamento ileo-tibiale, concorre a forzare la sua estensione la cadenza del centro di gravità al davanti della linea genicolare.

Perchè il corpo rigido si mantenga in equilibrio sui piedi, la linea dal centro di gravità del corpo, nel promontorio, deve cadere verticale sulla linea di rotazione degli astragali.

Supponendo ora, quanto non è, che sia uno solo l'asse di rotazione per amendue gli astragali, lo scopo da ottenersi nella stazione è quello d'impedire la cadenza anteriore o posteriore del corpo posto colle gambe su questa base lineare.

L'equilibrio viene ad essere quindi assai labile, per la esilità della base, epperò concorrono principalmente a mantenerlo le seguenti condizioni:

1.° La possibilità di cambiare il centro di gravità del corpo, cangiando la forma del tronco colla posizione delle braccia e della testa, ovvero estendendolo o flettendolo ai cotili.

2.° L'azione dei gruppi muscolari antagonistici, i quali flettono anteriormente ed estendono posteriormente sul piede la gamba che sostiene inflessibilmente il corpo. La massa muscolare degli estensori è molto più considerevole di quella dei flessori, avendo la prima, secondo Weber, un peso di gramme 1052, la seconda di sole gramme 208, quindi un rapporto di 5:1. I mezzi adunque per impedire la ricaduta all'avanti sono più potenti di quelli per impedire la ricaduta all'indietro, e in corrispondenza colla diversa portata di questi mezzi, noi soliamo nella stazione portare il centro di gravità del corpo un po' al davanti dell'asse rotatorio delle ar-

ticolazioni astragalo-tibiali, di guisa che un piccolo sforzo degli estensori valga a tener fisso il corpo nell'articolazione del piede, come la tensione dei legamenti tien fisso il tronco nelle articolazioni dei cotili. La preponderanza degli estensori tiene però anche alla circostanza, che le ricadute in avanti sono più facili per il peso della testa e per la tensione delle braccia. Meyer calcola, che nella stazione militare, la verticale dal centro di gravità del corpo tocchi il terreno a 3 centimetri al davanti del malleolo esterno.

3.° La direzione dell'asse di rotazione dell'articolazione astragalo-tibiale. Siamo partiti a questo proposito dalla supposizione, che nella stazione militare trovinsi sulla stessa linea gli assi di queste due articolazioni. Ciò realmente non è, poichè questi assi convergono anteriormente, a piedi paralelli, sotto un angolo di 50°; la convergenza aumenta portando le punte dei piedi all'infuori, e per avere i due assi sulla stessa linea bisogna convergere fortemente i piedi. S'intende ora facilmente, che fino a quando il corpo forma realmente un tutto inflessibile, non può aver luogo una rotazione contemporanea al dintorno dei due assi convergenti dell'astragalo, esigendosi a quest'uopo la contemporanea flessione dei ginocchi. Questa differenza nella direzione degli assi di rotazione della gamba sul piede noi la rendiamo ancora maggiore nella stazione naturale, che è sempre più fissa della stazione militare.

4.° La peculiare conformazione dell'articolazione astragalo-tibiale. Meyer ha richiamato pel primo l'attenzione sulla circostanza, che le due superficie laterali dell'astragalo non sono paralelle, poichè mentre la esterna è perpendicolare all'asse del cilindro, forma la interna col medesimo un angolo tale, per cui la superficie articolare dell'astragalo viene ad essere anteriormente più lunga che posteriormente. Ora, secondo le ricerche dello stesso Meyer, la forchetta ossea che abbraccia l'astragalo, per una rotazione della tibia sulla fibula, è capace di farsi più ampia e più stretta, perchè spettando la incisura fibulare della tibia ad una curva più estesa di quella della corrispondente superficie fibulare, ogni volta che la tibia rotea posteriormente verso la fibula, accoglie nella esuberante porzione posteriore della propria incisura fibulare il margine posteriore del malleolo esterno, avvicinando di tal guisa le due parti e restringendo quindi posteriormente la forchetta tibio-fibulare. Questa in allora dovrà impedire la ricadenza in avanti, prima di tutto perchè abbraccia fortemente la meno lunga porzione posteriore del cilindro articolare dell'astragalo, in secondo luogo perchè non può roteare sul medesimo, non essendo capace di accoglierne la più lunga porzione anteriore. Meyer ammette che nella stazione av-

venga questa rotazione posteriore della tibia in parte per tensione del legamento ileo-tibiale, in parte per conformazione propria dell'articolazione genicolare, la quale, secondo Meyer, esigerebbe nella estensione del ginocchio una rotazione della tibia nel senso accennato.

Per opera dei varii mezzi indicati, manteniamo nella stazione l'equilibrio del tronco sulle gambe e delle gambe sui piedi. Era però anche necessario che questo equilibrio fosse sorvegliato e che fossimo avvertiti della minacciante sua perdita, onde tosto impedirla con debite azioni muscolari.

I mezzi che sorvegliando l'equilibrio prenunciano lo squilibrio sono:

1.° Il senso muscolare, che ci avverte sempre della posizione delle diverse parti del nostro corpo e con tanto maggiore solerzia nella stazione, quantochè in allora riverberano esse armonicamente sugli astragali le loro tensioni convergenti all'equilibrio e determinanti la insorgenza di un sì generale e distinto senso muscolare, da essere immediatamente avvertito ogni squilibrio.

2.° Il senso di pressione ed il giudizio di località plantare del piede, mediante i quali siamo avvertiti di ogni nuova o maggiore pressione del medesimo per minacciante squilibrio, la cui ricognizione (mediante questo mezzo) viene ad essere naturalmente favorita dalla riduzione a tre soli punti di contatto plantare equilibrato. L'equilibrio è infatti meno stabile se con un bagno freddo si diminuisce la sensibilità tattile della pianta dei piedi.

3.° Il senso visivo, mediante il quale, fissando un oggetto stabile, siamo edotti delle oscillazioni nostre dalle varianti ubicazioni dell'oggetto fissato. Assai minore però dei precedenti elementi concorre la vista alla ricognizione dello squilibrio, potendo noi stanziare sicuri ad occhi chiusi od all'oscuro, tuttochè però con più estese oscillazioni Più efficacemente concorre la vista ad assicurare la stazione sovra un piede ed anche la bipede in quei casi di malattie nervose centrali o periferiche, nei quali sia diminuita la influenza dei due precedenti mezzi.

Da quanto abbiamo detto fino ad ora deve risultare, che la miglior stazione è quella in cui, colla maggiore rigidità delle articolazioni coxo-genicolari, lavoriamo meno coi muscoli, siamo meglio avvertiti dei minaccianti squilibrii e possiamo rimediarvi al più presto e col minimo di forza. Per tali requisiti questa stazione sarà anche la più sicura perchè meno oscillante, la più continua perchè meno stanchevole. Questi pregi trovansi riuniti nella stazione naturale, che è infatti la istintivamente preferita da tutti gli uomini.

Vi abbiamo infatti: 1.° La forte estensione coxo-genicolare dell'arto su cui gravita il tronco. 2.° Il minimo lavoro dei gastronemii (che lavorano invece nella stazione militare) perchè il flesso arto avanzato assicura dalla ricaduta in avanti, mentre nel disteso arto arretrato, che sostiene il tronco, lavorano debolmente gli estensori del ginocchio. 3.° Il minimo lavoro per evitare un minacciato squilibrio, poichè nella stazione naturale questo lavoro consiste nella estensione del ginocchio, la quale per la maggiore lontananza dal piede si opera in condizioni di leva molto più favorevoli che non nella stazione militare, in cui il minacciante squilibrio deve essere emendato dall'azione dei gastronemii, che per la maggiore vicinanza al piede si trovano in condizioni di leva molto più sfavorevoli. E notisi che gli estensori del ginocchio, incaricati di ristabilire l'equilibrio nella stazione naturale, lavorano quasi senza peso, mentre invece i gastronemii debbono nella stazione militare stabilire l'equilibrio sotto il peso del corpo. 4.° Nella stazione naturale la pianta dell'arto avanzato, toccando lievemente il suolo, avverte meglio gli aumenti di pressione inerenti ad una minacciante caduta in avanti. 5.° Il senso muscolare è, per la minore attività, più squisito nella stazione naturale e le oscillazioni del corpo stanziante (determinate da Vierordt mediante uno scrivente applicato al vertice della testa) minori che nella stazione militare.

Nella stazione unipede, il centro di gravità, che nella stazione militare cade pressochè verticalmente fra i due piedi, deve cadere sul piede stanziante. Ciò non avvenendo, il tronco non può da sè solo ricadere verso l'arto non stanziante, opponendovisi il legamento rotondo, che in posizione eretta impedisce colla sua tensione la soverchia abduzione; deve quindi ricadere verso quest'arto insieme all'arto stanziante.

Si evita però la ricaduta correggendo la posizione del tronco in due modi principali: o piegando, cioè, lateralmente il tronco sull'arto stanziante ovvero flettendo in quest'arto la gamba sul piede. Nel primo caso basta una flessione laterale del tronco corrispondente ad un angolo di 14°, 54'. Ammettendo che i cotili sieno perpendicolari sulle articolazioni dei piedi e che quindi il centro di gravità passi nella stazione bipede pel punto mediano dell'asse inter-cotiloideo, nella stazione unipede il tronco dovrebbe essere spostato lateralmente per un tratto corrispondente alla metà lunghezza (8,6 centimetri) di quest'asse: il che corrisponderebbe ad una flessione laterale di soli 13°, 49'. Il di più, che la osservazione diretta dimostra necessario per mantenerci in equilibrio nella stazione unipede, è richiesto dal peso dell'arto pendente, la cui posizione dovrà necessariamente influire sul grado di flessione del tronco, che dovrà essere, per esempio, maggiore aumentando l'abduzione dell'arto pendente.

Applicando la seconda maniera di correzione della posizione del tronco nella stazione unipede, la gamba stanziante si flette sul piede disteso nel piano di flessione dell'astragalo. Siccome questo piano non è diretto sol-

tanto all'avanti ma anche all'esterno, così con questa flessione si porta pure all'esterno, come col metodo precedente, il centro di gravità del tronco. Basta all'uopo, secondo le osservazioni di Meyer, una flessione corrispondente ad un angolo di 5°, 14' a 5°, 24'.

Meyer ha pur studiato il meccanismo di stazione sulle dita, che si tiene in rapporto col meccanismo dell'incesso, nel quale, al finire di ogni fase positiva, il piede si eleva appunto sulle dita. In questa maniera di stazione il centro di gravità deve cadere al davanti del capo articolare del primo metatarso, onde, levato il peso ai calcagni, lavori il piede come una leva innalzando questi ultimi. Ciò si ottiene incurvando od inclinando all'innanzi il tronco nei cotili; ovvero flettendo i ginocchi; ovvero flettendo od estendendo i piedi. Colla flessione dei piedi ci eleviamo sulle dita, flettendo all'incirca di 8° all'innanzi, verso il piede, le gambe col tronco. Generalmente però la elevazione sulle dita avviene per estensione dei piedi. Finita l'elevazione, le dita vengono a giacere piane sul terreno, i piedi si trovano nel massimo della estensione con articolazioni irrigidite dall'azione muscolare; i metatarsi formano colle dita un angolo di circa 100°, la cui diminuzione per ricaduta anteriore viene ad essere impedita da struttura articolare tra falangi e metatarsi. Meyer dimostra però che la sola estensione dei piedi non può apportare l'elevazione sulle dita, perchè con essa sola non vengono scaricati del loro peso i calcagni. Prima dell'estensione deve essere portato sulle dita il centro di gravità, o per inclinazione anteriore del tronco, ovvero per flessione dei ginocchi, ovvero anche per flessione dei piedi, o per tutti o varii di questi mezzi riuniti.

Altri elementi concorrono però, secondo Meyer, a determinare la stazione sulle dita. Se noi estendiamo il piede libero, la sua punta si volge all'indietro ed all'interno; la prima direzione per il movimento dell'articolazione dell'astragalo colla gamba; la seconda principalmente per movimento rotatorio del calcagno nell'astragalo. Estendendo invece un piede poggiato al terreno, la gamba ed il corpo dovranno subire una deviazione opposta all'avanti ed all'esterno. Nella estensione bilaterale a piedi stanzianti, il corpo potrà prestarsi alla deviazione anteriore, ma non certo a due opposte deviazioni esterne a destra ed a sinistra. Vi dovranno essere quindi dei momenti valevoli a compensare queste opposte tensioni e tali momenti sono rappresentati, secondo Meyer, da rotazione interna dei femori, da abduzione dei medesimi e da lieve flessione (13° 23') anteriore del tronco. Quest'ultima e la rotazione interna dei femori rendono possibile l'abduzione per rilasciamento del legamento ileo-tibiale.

§ 113. *Incesso.*

Delle varie maniere d'incesso, il più comune, anteriore, è un orizzontale avanzamento del tronco, portato e spinto alternamente dall'una delle due gambe, mentre l'altra pende libera da esso. La gamba portante è in *fase attiva*, in *passiva* la portata. Quest'ultima, che supponiamo sia la destra *d*, incomincia la sua fase attiva, quando avendo oscillato semiflessa come un pendolo dall'indietro all'avanti nell'articolazione coxale, poggia anteriormente sul terreno. Nel

momento che appoggia e che cessa quindi la sua fase passiva, l'altra gamba sinistra *s* essendo sul terminare della sua fase attiva, si predispone a trasmettergli il peso del tronco, che tenderebbe per sè stesso a far ricadere in avanti la gamba *d* sull'ipomoclio rappresentato dal piede corrispondente, se non fosse che questa procede allora in un secondo periodo della sua fase attiva con una graduata estensione di tutte le sue articolazioni, non esclusa quella del piede, che si eleva sui metatarsi. Il capo cotiloideo, fra la estensione che tende ad elevarlo, e il peso del tronco che tende ad abbassarlo rovesciandolo in avanti, finisce a restare sensibilmente orizzontale, per modo che il tronco portato dall'arto *d*, viene dalla sua estensione sospinto orizzontalmente e consegnato all'arto *s* quando l'arto *d*, non potendo più ostare ad una ricaduta anteriore del tronco per avere raggiunto il massimo dell'estensione, eleva ultimi dal terreno i capi dei metatarsi per entrare alla sua volta in fase passiva, oscillando semiflesso dall'indietro all'avanti nell'articolazione coxale.

Volendo esaminare più dettagliatamente la successione dei diversi movimenti dell' incesso e le posizioni che vi corrispondono, dobbiamo dire, che la intiera serie di questi movimenti si chiude nel periodo di tempo necessario al compimento di due passi. La massima parte di questo tempo è occupato dalla fase attiva, la minima dalla passiva. La fase attiva comincia nel momento, in cui l' arto vien posto col tallone sul terreno un po' al davanti della perpendicolare tesa su esso terreno dal centro di rotazione del cotile, e termina nel momento in cui, giunto alla massima estensione, abbandona colle dita il terreno molto all' indietro di questa perpendicolare. Durante questo tempo la testa del femore e con essa il tronco girano al dintorno di un ipomoclio formato dal piede. La testa del femore dovrebbe quindi percorrere dall'indietro all'avanti una linea curva al dintorno del piede. Di questa linea una porzione ascendente in direzione postero-anteriore dovrebbe partire dal punto in cui trovasi il capo articolare all' inizio della fase attiva ed ascendere al vertice, quando, nel volgere di questa fase, il centro di gravità viene a cadere verticalmente sul piede; un' altra porzione discendente nella stessa direzione, partendo da quest' ultimo punto, discenderebbe a quello in cui sarebbe portato il cotile nel momento in cui, al cessare della fase attiva, il piede abbandona il terreno. Se non che la prima porzione ascendente è resa pressochè rettilinea dalla circostanza, che al principio della fase attiva la gamba posta sul terreno estesa al ginocchio e semiflessa al piede, si accorcia, perchè si flette al ginocchio ed aumenta la sua flessione

al piede, raggiungendo il massimo della flessione nel momento in cui la testa del femore sta verticale sul punto d'appoggio. E la seconda porzione discendente è pur resa pressochè rettilinea dall'altra circostanza, che dal momento in cui il capo del femore col tronco incominciano a portarsi al davanti della verticale sul piede, la gamba si allunga, perchè incomincia ad estendersi al ginocchio poi al piede. In quel periodo della fase attiva in cui la gamba si flette, essa non contribuisce per nulla al sostegno ed all'avanzamento del tronco, che appoggia ancora sull'altro arto esteso. Essa comincia a sostenere quando il capo del femore è verticale; da questo momento colla sua estensione non solo sostiene il tronco, ma lo spinge in avanti e lo mantiene sulla stessa linea orizzontale, fino a tanto che il tronco medesimo non potendo, pel suo avanzamento, reggersi ulteriormente su questa gamba, che trovasi nel massimo della estensione colle dita del piede che stanno per abbandonare il terreno, passa col suo peso sull'altro arto, il cui cotile, percorsa già la porzione posteriore della linea indicata, trovasi sulla verticale al piede. Da ciò si rileva, che volendo ritenere come fase passiva il solo tempo di sospensione a pendolo dell'arto, vi ha un tempo nel quale amendue gli arti sono in fase attiva, quello, cioè, nel quale l'arto anteriore sta flettendosi per portare il cotile sulla verticale e l'arto posteriore sta sostenendo il peso del tronco per trasmetterlo all'anteriore prima di abbandonare il terreno.

Il piede agisce nell'incesso come una ruota, che descriva un tratto di strada eguale alla sua lunghezza dal calcagno alle dita. Per questa disposizione il passo viene tanto allungato, quanto importa la sviluppata lunghezza del piede, senza della quale la fase attiva terminerebbe nel momento, in cui il calcagno abbandona il suolo.

La più breve fase passiva è rappresentata dalla oscillazione postero-anteriore dell'arto elevato e semiflesso, il quale nella precedente fase attiva essendo trascorso col capo del femore al davanti della verticale sul punto d'appoggio, dovrà divergere molto all'indietro della verticale suddetta. E notisi che questa divergenza posteriore non è l'effetto di una estensione tanto esagerata da potersi dire una flessione posteriore, dacchè una tale estensione sarebbe impedita dai legamenti; ma è piuttosto l'effetto dell'inclinazione anteriore del tronco, la quale, all'arto che trovasi in massima estensione cotiloidea, permette una direzione tanto obliqua rispetto ad esso. Appena cessino le forze muscolari che fissano l'arto in questa posizione, comportasi esso come un pendolo allontanato dalla verticale; oscilla, cioè, all'innanzi nel suo punto di rotazione al cotile, e per legge d'inerzia e pel pochissimo attrito, supera la verticale

all'innanzi di tanto, quanto lo era prima all'indietro, a meno che l'oscillazione in avanti non venga arrestata da forze muscolari. Nel passo lento lasciamo compiere all'arto la intiera oscillazione in avanti, che è invece interrotta nel passo ordinario dall'appoggio del calcagno, per estensione del ginocchio, tanto più presto, quanto più celere è il passo. La elevazione delle dita dal terreno all'inizio della fase passiva avviene per una legger flessione dell'arto, flessione che permane durante l'oscillazione per evitare l'urto al suolo, tanto più facile ad avvenire, quantochè l'arto pendente è più lungo del poggiante.

S'intende facilmente come questa oscillazione passiva, resa possibile dalla mobilità dell'articolazione coxale, avvenendo senza partecipazione di muscoli, risparmia la forza e regolarizza il passo nel senso, che l'arto passivo giunge al termine della sua oscillazione quando deve predisporsi a ricevere il peso del tronco dall'arto attivo.

S'intende pur facilmente come i rapporti di gravitazione del tronco sieno nell'incesso diversi da quelli che sono nella stazione, perchè mentre in quest'ultima il centro di gravità cade sull'asse inter-cotiloideo, nell'incesso invece cade sempre un po' al davanti di quest'asse, con una conseguente inclinazione anteriore del tronco, la quale cresce colla rapidità del passo per modo, che se in un passo della durata di 6 secondi vi ha una inclinazione di 5 gradi, ve ne ha invece una di 10 gradi in un passo che dura 4 secondi.

Volendo considerare come distinta fase intermedia il tratto di contemporanea attività, durante la quale i due arti appoggiano sul terreno, l'uno in estensione col peso del tronco, l'altro in flessione per predisporsi a riceverlo, il ritmo del passo potrebbe essere rappresentato come nell'annessa figura, in cui *S* è l'arto sinistro, ***D*** il

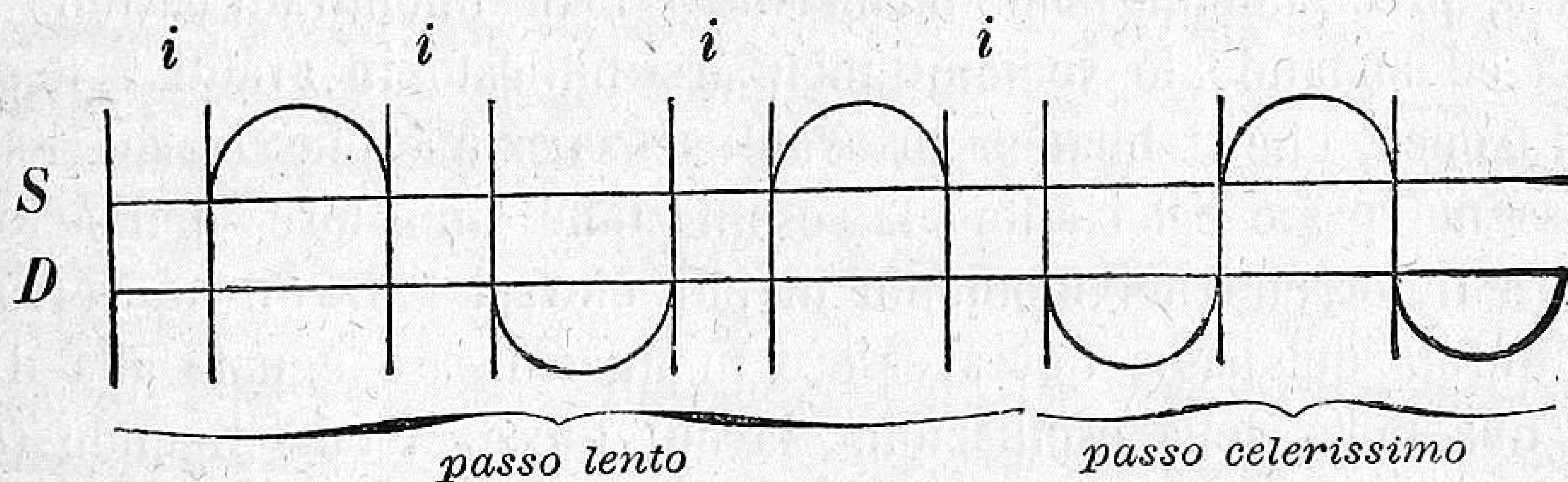


Fig. 19.
Rappresenta il ritmo del passo lento e celerissimo.

destro; le linee curve indicano la fase passiva, le rette l'attiva, prolungantisi nelle rette intermedie *i*, che indicano la fase intermedia, la cui durata diminuisce coll'accelerarsi dell'incesso, fino ad elidersi

intieramente nell'incesso celerissimo, mentre invece nel passo lento dura all'incirca la metà dell'egual tempo di durata delle due fasi attiva e passiva.

La celerità dell'incesso aumenta colla lunghezza dei passi e col loro numero (in tempo dato). Dovendo aumentare questo numero, dovrà necessariamente diminuire la durata di ciascun passo, la quale diminuzione di durata si congiungerà quindi ad un aumento della estensione. Questi due elementi dell'incesso celere tengono ad una minore lontananza dal terreno dei capi del femore. S'intende infatti, che ove il cotile si allontani molto dal terreno, difficoltandosi l'equilibrio del tronco, l'arto corrispondente può deviar meno dalla verticale e quindi il passo si abbrevia. Ove invece il capo del femore si allontani meno dal terreno, succede l'opposto, che, cioè, per una possibilitata maggiore deviazione dalla verticale il passo si allunghi. Come però in questo caso l'arto assai deviato è meno proprio a sostenere il tronco che l'arto meno deviato, così ne derivano due conseguenze: la prima, che l'arto attivo deve accelerare la propria estensione per sostenere il tronco: la seconda, che l'arto passivo interrompe la propria oscillazione, elidendone il tratto anteriore ed arrestandosi poco innanzi la verticale, per ricevere più presto dall'arto attivo il peso del tronco. Queste due cause determinano naturalmente una diminuzione della durata del passo, la quale avviene principalmente a danno della fase intermedia, che dicemmo ridursi a zero nell'incesso celerissimo. Come poi la deviazione dalla verticale e la lunghezza del passo deve necessariamente aumentare colla inclinazione anteriore del tronco, così vediamo questa aver luogo tanto maggiormente, quanto più l'incesso è celere. L'inclinazione anteriore del tronco tiene però anche alla resistenza che esso, incedendo, riscontra nell'aria, precisamente come bilanciando verticalmente un bastone sulle dita ed andando, lo vediamo inclinarsi billicato in avanti. È lo stesso pel tronco, che si bilancia in avanti senza azione muscolare. Essendo elisa nel passo celerissimo la oscillazione anteriore dell'arto che tocca il terreno nel momento in cui elevasi l'altro, ne verrà che la durata del passo dovrà essere in questo caso eguale alla durata di una metà della oscillazione, la cui durata totale dipende (come pei pendoli) dalla lunghezza. La media della durata di una oscillazione stabilita in varie persone dai fratelli Weber è eguale a 0,693″, per cui la più breve durata del passo sarebbe di 0,346″, che corrisponde abbastanza bene con quella determinata direttamente in 0,332″.

La lunghezza del passo invece nell'incesso celerissimo, è eguale

allo spazio che deve essere superato dall'arto posteriore esteso per portarsi nella direzione verticale in cui trovasi l'anteriore, più la lunghezza del piede; il che è quanto dire, che è eguale a metà dello spazio compreso fra i due arti portati l'uno nella massima inclinazione posteriore, l'altro nella massima inclinazione anteriore, più la lunghezza del piede. La celerità dell'incesso, ovverosia la durata e la lunghezza del passo, hanno quindi un limite determinato dalle stesse condizioni meccaniche dell'apparato di locomozione, che determinano pure nell'incesso ordinario un rapporto fra la durata del passo e la lunghezza del medesimo e viceversa.

I fratelli Weber, ai quali dobbiamo pressochè intieramente la dottrina fisiologica della locomozione, hanno stabilito a questo proposito i seguenti rapporti:

Durata del passo in minuti secondi	Lunghezza del passo in millimetri	Velocità per minuto secondo
0,335	851	2397
0,417	804	1928
0,480	790	1646
0,562	724	1288
0,604	668	1106
0,668	629	942
0,846	530	627
0,966	448	464
1,050	398	379

Da quanto abbiamo detto sull'incesso facilmente si comprende come il tronco subisca durante il medesimo due distinti movimenti: l'uno di sospingimento verticale dall'arto che esce a quello che entra in fase attiva; l'altro di rotazione sull'asse verticale del cotile attivo, per cui, suppostolo sinistro, il bacino rotea su esso in un piano orizzontale dopo essersi coll'arto destro equilibrato per flessione laterale sull'arto sinistro. Più o meno questi due movimenti hanno luogo amendue nell'incesso, il quale però assume una forma, che vediamo diventare quasi caratteristica in molti, a norma specialmente della prevalenza dell'uno sull'altro. Così, per esempio, è un andare speciale, con forte estensione degli arti e projezione verticale dall'uno all'altro di essi del tronco inclinato all'avanti, quando prevale il primo degli indicati movimenti. È invece una specie di andare sciancato, quale osservasi nei bassi e pingui e nelle gravide, quando prevale il secondo. Quest'ultima forma contraddistingue anzi in genere l'incesso femminile, per la più estesa curva rotatoria che deve descrivere il più ampio bacino della donna.

§ 114. *Corsa.*

La *corsa* non è altro che un incesso accelerato per maggiore lunghezza e numero di passi.

Nel meccanismo delle due azioni, passa, secondo Weber, la essenziale differenza, che al momento di contemporanea stazione degli arti nell'incesso, è sostituito nella corsa un momento di contemporanea sospensione dei medesimi al tronco, epperò di librazione del corpo nell'aria; librazione determinata dall'impulso che ad ogni passo l'arto portante imprime al tronco con una energica estensione. La projezione che per questo fatto ha luogo del tronco aumenta necessariamente la lunghezza del passo, limitata nell'incesso dal grado di allontanamento delle gambe; mentre poi la durata del medesimo viene accorciata nel correre dalla circostanza, che durante la librazione del corpo i due arti compiono contemporaneamente una parte della loro oscillazione. Diffatti, la minima durata del passo è determinata nell'incesso dal tempo che impiega ad oscillare l'arto sospeso; un tempo eguale, per la eguaglianza del pendolo, dovrebbe pur determinare la durata del passo di corsa; ma v'è la differenza, che nel caso più favorevole d'incesso celere la oscillazione non incomincia se non al terminare del passo precedente, mentre invece nella corsa incomincia durante il passo precedente. La durata della oscillazione fra un passo e l'altro deve essere quindi minore nella corsa e maggiore in tempo dato il numero dei passi. Come poi l'incesso si accelera, per aumentato numero di passi, col diminuire e coll'annullarsi del momento di contemporaneo stanziamento degli arti, così per la stessa ragione si accelera la corsa col diminuire e coll'annullarsi del momento di contemporanea sospensione dei medesimi o di librazione del corpo. La riduzione a zero di questo momento si ottiene, quando al deporsi dell'arto anteriore, finisce l'oscillazione dell'arto posteriore, e non esiste più quindi nessun intervallo di librazione del corpo fra un passo e l'altro.

La intiera serie dei movimenti che si avvicendano nella corsa, si compie nel volgere di un doppio passo. La durata di ciascuna delle due fasi, attiva di sostegno, passiva di oscillazione, si comporta nel correre all'inverso che nell'andare, essendo il tempo di oscillazione dell'arto, più lungo del tempo di stazione del medesimo. Basta a quest'uopo confrontare nelle due figure 19 e 20 le linee curve, che rappresentano la fase passiva, di oscillazione, colle linee rette che rappresentano la fase attiva, per accorgersi che nella

figura 19 linee rette e curve sono comprese fra i medesimi punti, mentre invece nella figura 20 le linee curve sono comprese fra punti più lontani delle corrispondenti linee rette. Dalla sola ispezione di questa stessa figura facilmente rilevasi pure la esistenza di una fase intermedia *1*, *2*, *3*, *4* di librazione del corpo nell'aria e il compiersi nel periodo di due passi la serie alterna dei movimenti, poichè in *1* termina la sua oscillazione l'arto destro *D*, che alla fine del presente passo dovrà essere appoggiato in *5*; e in *1* comincia invece la sua oscillazione l'arto sinistro *S*, che alla fine del passo successivo dovrà cadere in *6*, mentre in *2* l'arto *S* finisce e l'arto *D* comincia la sua oscillazione.

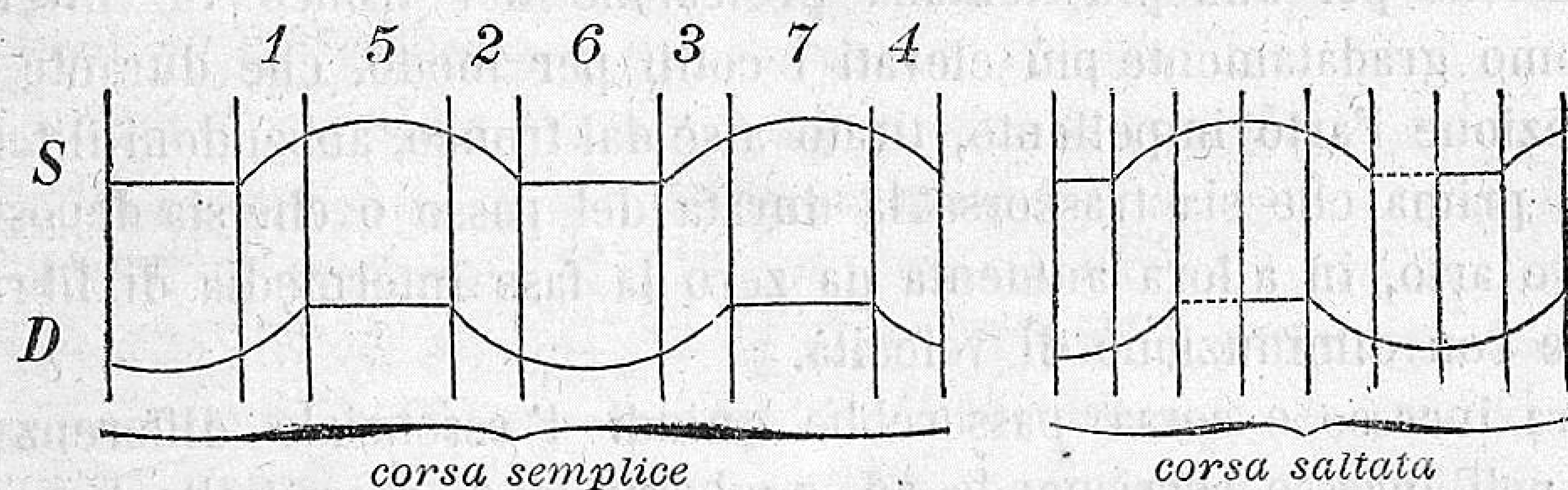


Fig. 20.
Rappresenta il ritmo della corsa semplice e saltata.

L'alternanza completa dei diversi tempi nei due arti può essere quindi enunciata come segue:

ARTO *S*	ARTO *D*
1 principio di oscillazione	*1* fine di oscillazione
5 oscillazione	*5* deposizione
2 fine di oscillazione	*2* principio di oscillazione
6 deposizione	*6* oscillazione.

Nel tempo *6* finisce quindi con due passi la serie alterna dei movimenti nei due arti, che ricomincia nel tempo *3* come aveva incominciato nel tempo *1*.

L'arto stanziante in fase attiva si flette al ginocchio ed al piede molto più considerevolmente che nell'incesso, onde propellere meglio il tronco nella successiva estensione, per cui ne deriva, che nel momento in cui il tronco è verticale sull'arto, il capo femorale di quest'ultimo trovasi a minor distanza dal terreno che non nell'incesso. Ciò malgrado il tronco soggiace, secondo le determinazioni di Weber, ad uno spostamento verticale di soli 20 a 30 millimetri (non superiore a quello dell'incesso) compresa quella

parte di tale spostamento che è dovuta alle oscillazioni laterali del tronco per l'alterno equilibrio sull'uno e sull'altro arto.

Come nell'incesso cresce la velocità col diminuire della fase intermedia di stanziamento contemporaneo degli arti, così cresce la velocità della corsa col diminuire della fase intermedia di librazione. Però nella corsa non si ottiene il massimo di celerità riducendo a zero questa fase, come la si ottiene riducendola a zero nell'incesso. Noi possiamo modificare la corsa in modo da raggiungere una celerità maggiore con riaumento della fase di librazione. Ciò si ottiene portando più bassi i cotili, aumentando la flessione dell' arto attivo e presentando quindi più favorevoli rapporti alla estensione per una più lontana proiezione del tronco. Se invece teniamo gradatamente più elevati i cotili per modo, che durante la proiezione l'arto impellente, tirato a sè dal tronco, abbandoni il terreno prima che sia trascorsa la durata del passo o che sia deposto l'altro arto, in allora aumenta da zero la fase intermedia di librazione con diminuzione di velocità.

Tra incesso e corsa passerebbe quindi l' essenziale differenza: che nell' incesso corrisponde ad ogni durata di passo soltanto una determinata lunghezza del medesimo e viceversa, mentre invece nella corsa corrisponde ad ogni lunghezza di passo soltanto una determinata durata, ma non inversamente ad ogni durata una determinata lunghezza, sibbene due diverse lunghezze, la cui differenza è tanto maggiore, quanto più lungo il tempo di librazione. E la causa di questo carattere differenziale della corsa starebbe appunto, come vedemmo, nella facoltà che abbiamo di scegliere fra due diverse altezze dei femori dal terreno.

Ciò risulta più evidente dalle seguenti medie che i fratelli Weber ottennero a diverse velocità di corsa ordinaria:

Durata del passo in minuti secondi	Lunghezza del passo in millimetri	Velocità per ogni minuto secondo
1 — 0,262	1670	6380
2 — 0,268	1542	5745
3 — 0,292	1284	4383
4 — 0,314	1138	3623
5 — 0,326	934	2862
6 — 0,303	718	2367
7 — 0,304	519	1706
8 — 0,305	416	1364
9 — 0,301	315	1047

Risulta da queste cifre:

1.° Che la lunghezza del passo e quindi la escursione dell'arto pendente, cresce colla velocità, aumentando la quale, aumenta l'abbassamento del cotile, la flessione dell'arto e quindi gli effetti impellenti della estensione e quindi la lunghezza del passo. L'aumento eccessivo della estensione potrebbe rinforzare considerevolmente la propulsione del tronco, se la sua ricaduta non esigesse un tempo più lungo di quello portato dalla durata del passo. Questa circostanza pone un limite alla celerità della corsa, che, come risulta dalla prima riga del prospetto, è circa il triplo della massima velocità dell'incesso. Abbreviando i diversi tempi del passo di corsa, un buon corridore può raggiungere persino la velocità di 9 metri al minuto secondo.

2.° Che la durata del passo è invece pochissimo diversa a diverse velocità, non essendo mai maggiore del tempo in cui si compie mezza oscillazione.

3.° Che si danno velocità di corsa maggiori, ma anche minori (righe 7 a 9 del prospetto) della massima velocità d'incesso, per cui dovrà esservi una velocità eguale, in cui sono eguali la durata e la lunghezza dei passi, come avviene appunto quando sono eguali a zero le fasi intermedie di stanziamento e librazione.

4.° Se il tempo di una oscillazione a pendolo nella corsa è eguale alla durata di un passo celere più la fase intermedia di librazione, i due tempi si parificano sempre nella corsa celere o lenta alla durata di mezza oscillazione. Gli è per ciò che la più lunga durata del passo nella corsa cade all'incirca alla quinta riga del prospetto, perchè quivi il tempo di librazione è eguale a zero. Questo tempo cresce al disopra e al dissotto di 5. Se al disopra, la velocità va crescendo sul celerissimo incesso, perchè i cotili, sempre più bassi, aumentano l'estensione e l'impulso: l'arto impellente si eleva sempre più presto dal terreno, oscillando contemporaneamente più a lungo coll'altro arto ed aumentando quindi, da zero, la fase intermedia di librazione. Se al dissotto, la velocità diventa sempre minore dell'incesso celerissimo, perchè va aumentando l'altezza dei cotili, anticipa sempre più l'elevazione per opera del tronco propulso ed aumenta pur quindi sempre più, da zero, la fase intermedia di librazione.

La corsa saltata, nella quale il tronco viene proiettato in archi maggiori, differisce dalla corsa celere per una maggior durata del passo e per una lunghezza non necessariamente maggiore che nella corsa, ma maggiore che nell'incesso celere. La maggior durata del passo dipende dalla seguente circostanza. Nella corsa, il tronco viene a

gravitare sull'arto passivo, precisamente nel momento in cui quest'arto, compita una mezza oscillazione dall'indietro all'avanti, trovasi verticale sotto il tronco medesimo. Nella corsa saltata invece l'arto passivo continua la sua semi-oscillazione anteriore, al termine della quale tocca leggermente il terreno, non puntellando però il tronco, se non quando quest'ultimo, propulso dall'altro arto, si è portato col cotile verticalmente sulla punta del suo piede. Nella corsa saltata quindi il periodo di librazione è più lungo che nella corsa celere, e mentre in questa e nell' incesso celere vedemmo ridursi a due periodi il tempo in cui ogni arto compie la intiera serie dei propri movimenti, nella corsa saltata invece se ne mantengono tre: il massimo primo, in cui l'arto compie una intiera oscillazione: il secondo, in cui tocca il terreno senza puntellare il tronco: il terzo, eguale presso a poco al secondo, in cui l'arto puntella e propelle il tronco. Questo terzo periodo è rappresentato nella figura 20 dalle lineette punteggiate, eguali alla metà della fase attiva espressa dalle rette segnanti i tempi *5*, *6*, *7* in quella parte della stessa figura 20 che riguarda la corsa semplice.

La velocità della corsa saltata è minore, ma è però meno affaticante della corsa ordinaria, nella quale il più rapido scambio dei movimenti porta ben presto la dispnea e la palpitazione. L' adoperiamo di preferenza quando con ogni salto tentiamo raggiungere un sottoposto terreno, o quando vogliamo limitare la soverchia velocità di propulsione, come nei declivi; e la insinuiamo anche a titolo di relativo riposo nella corsa ordinaria.

Per la corsa saltata i fratelli Weber ottennero le seguenti medie:

Durata del passo in minuti secondi	Lunghezza del passo in millimetri	Velocità per minuto secondo
0,460	1243	2702
0,468	1578	3372
0,455	1688	3710
0,411	1809	4402
0,404	1977	4894.

Molti elementi del passo non essendo determinabili direttamente, i fratelli Weber ne fecero la determinazione indiretta, sulla base di medie desunte da ripetute osservazioni. Così, per esempio, la lunghezza media del passo è il quoto del numero dei passi nella lunghezza del tratto percorso; la durata media del passo è il quoto del numero dei passi nel tempo impiegato al percorso. Siccome ad ogni due passi ogni arto sta una volta ed oscilla una volta, così, se dalla durata totale di due passi, si sottrae il tempo dello stare, ottiensi quello dell'oscillare; e il tempo dello stare si ottiene col metodo grafico, mediante procurata cedevolezza del terreno su cui stanzia il piede.

La durata del passo, sommata alla durata di contemporaneo stanziamento, è eguale alla durata di stanziamento di un solo arto.

II. — Effetti fonici dell'azione muscolare.

§ 115. *Cognizioni morfologiche.*

La *laringe* (λαρίνω, gridare) è l'organo dal quale, col sussidio anche della cavità della bocca e delle narici, si ridestano gli effetti fonici mediante peculiarità di struttura e concorso di azione muscolare.

A scopo di elasticità, necessaria alla risonanza, le pareti del tubo laringeo sono formate in massima parte da cartilagini, riunite da legamenti e rivestite internamente da una mucosa, che si continua da una parte con quella della faringe, dall'altra con quella della trachea.

La cartilagine *tireoidea*, consta di due lamine quadrilatere, le quali, convergendo anteriormente si fondono in uno spigolo, dando luogo colla confluenza dei loro margini, superiore ed inferiore, alle omonime *incisure* e prolungandosi col loro margine posteriore in due lunghe *corna superiori* e in due brevi *corna inferiori*. Il corpo di questa cartilagine è unito a quello del joide pel legamento *tireo-joideo mediano* e le sue corna superiori sono unite alle grandi corna del joide per gli omonimi legamenti *laterali*, che contengono spesso dei corpicciuoli (*triticei*) fibro-cartilaginei.

La cartilagine *cricoidea*, conformata presso a poco ad anello episcopale, con diadema posteriore, presenta alla faccia esterna de' suoi lati una superficie di articolazione colle corna inferiori della tiroidea; si congiunge col suo margine inferiore al primo anello della trachea, mediante il legamento *crico-tracheale;* e al margine superiore del segmento posteriore presenta due ovali e convesse superficie di articolazione colla base delle trigono-piramidali cartilagini *aritnoidee.* Queste ultime, che hanno la punta alquanto incurvata all'indietro, si prolungano nel *processo vocale* col loro angolo basilare anteriore, nel più cospicuo *processo muscolare* (volgente un poco all'indietro) col loro angolo basilare esterno.

Le *cartilagini di Santorini* sono unite per legamenti alla punta delle cartilagini aritnoidee, che al loro spigolo anteriore portano spesso la *cartilagine di Wrisberg.*

La *epiglottide* rappresenta una mobile ed elastica valvola aderente anteriormente al margine superiore della tiroidea per mezzo del legamento *tireo-epiglottico*, al corpo del joide pel legamento *io-epiglottico*, e alla base della lingua pei legamenti *glosso-epiglottici;*

aderisce poi lateralmente alla punta delle cartilagini aritnoidee pei legamenti *aritno-epiglottici*, che lasciano libero fra essi l'adito alla laringe. A queste ultime due specie di ritenacoli, i quali, anzichè veri legamenti, sono piuttosto a considerarsi come duplicature della mucosa, se ne aggiunge spesso un terzo, che dai margini laterali dell'epiglottide ascende e si fonde ad angolo acuto nel pilastro faringo-stafilino.

I legamenti proprii della laringe, che mantengono la contiguità delle sue principali cartilagini, sono specialmente riducibili: alla capsula che avvolge l'articolazione della cricoidea colle corna inferiori dell' aritnoidea, rinforzata da legamenti *crico-tireoidei laterali;* al legamento *crico-tireoideo mediano* (giallo per abbondanza di fibre elastiche); ai legamenti *crico-aritnoidei*, che rinforzano le capsule fibrose articolari della cricoidea colla base delle aritnoidi.

Oltre a questi, che hanno veramente il significato di legamenti, la laringe presenta internamente due paja di duplicature della mucosa, che portano pure la impropria denominazione di *legamenti* (*della glottide*) e che estendendosi l' un pajo sull'altro, dall'angolo anteriore della tiroide orizzontalmente alle aritnoidi, potrebbero anche dirsi legamenti *tireo-aritnoidei superiori* ed *inferiori*. I primi, più grossi, si attaccano all'angolo anteriore, i secondi, più larghi e detti anche *corde vocali*, al processo vocale delle aritnoidi. Fra i due, la mucosa, ricca di ghiandole, forma il *ventricolo di Morgagni*, mentre fra ogni pajo di legamenti resta una fessura più larga pei superiori, che è la *glottide spuria*; più stretta per gl'inferiori, che è la *glottide vera*.

Prescindendo dai muscoli che elevano ed abbassano la laringe (tireo-joideo, sterno-tireoideo, ecc.) i muscoli proprii di quest'organo hanno attacco nel medesimo, smuovendone le cartilagini nel precipuo scopo di tendere o rilasciare i legamenti della glottide. Vi spettano: il *crico-tireoideo*, che abbassando anteriormente la tiroide allontana il suo angolo dalle aritnoidi, tendendo i legamenti della glottide; il *crico-aritnoideo posteriore*, che dal segmento posteriore della cricoide converge all' alto-esterno nel processo muscolare della aritnoide, roteandola all'esterno in modo da ampliare ed allungare posteriormente la glottide; il *crico-aritnoideo laterale*, che dal segmento laterale della cricoide decorrendo in alto e posteriormente lungo la superficie interna della tiroide al processo muscolare dell' aritnoide, è antagonistico al precedente; i muscoli *aritnoidei trasversi* ed *obliqui*, dall' una all'altra aritnoide, le avvicinano. Nello spessore dei legamenti della glottide decorrono, dalla superficie interna della tiroide (in vicinanza al suo angolo)

al processo vocale dell'aritnoide, i muscoli *tireo-aritnoidei*, dei quali più cospicui gl'inferiori, non mancanti però i superiori già descritti da Santorini. Fibre muscolari trovansi pure nello spessore dei legamenti aritno-epiglottici.

L'arteria laringea (dalla carotide esterna per la tireoidea superiore) è la quasi esclusiva irroratrice sanguigna della laringe, la cui mucosa non arrossa granchè per l'ampiezza delle maglie e la esilità dei vasi capillari, che raccogliendosi in rami venosi (laringei) mettono, per la tiroidea inferiore, alla vena anonima.

I numerosi vasi linfatici mettono alle profonde ghiandole cervicali.

Oltre ai rami faringo-laringei del simpatico, che dal ganglio cervicale superiore concorrono coi rami faringei del 9° e del 10° a formare il plesso faringeo, dando un ramo di anastomosi col ramo esterno del laringeo superiore, la laringe riceve in quest' ultimo (prevalentemente sensitivo) e nel laringeo inferiore o ricorrente (prevalentemiente motore) dal decimo pajo i suoi nervi indicati al § 10. I nervi sensitivi della laringe, rimarchevoli, secondo Bidder, per la maggiore esilità delle loro fibre in confronto dei nervi motori, formano nella mucosa una rete periferica di pallide fibre, con insinuazione di ganglii, specialmente alla epiglottide.

Delle diverse cartilagini laringee, la tiroide, la cricoide e le aritnoidi spettano alle jaline; la epiglottide, le cartilagini di Santorini, di Wrisberg e i processi vocali alle reticolate. Laddove però sulla linea mediana della tireoidea mettono i legamenti tireo-artnoidei, quivi avvicinasi pur essa ad assumere, per presenza di fibre elastiche, la struttura reticolata. Dei diversi legamenti, i più ricchi di fibre elastiche sono il crico-tireoideo mediano e i tireo-aritnoidei inferiori (corde vocali).

La mucosa della laringe ricetta molte ghiandole racemose mucipare ad acini sferoidali e ad epitelio pavimentoso, i cui sbocchi sono visibili anche ad occhio nudo, specialmente alla epiglottide e nei seni di Morgagni. La loro secrezione mantiene alla mucosa delle corde un grado di umidità conveniente colla elasticità che debbono spiegare nella loro vibrazione fonica. L'epitelio composto pavimentoso-cilindrico è vibratile nella laringe, come nella trachea, ad eccezione delle corde vocali, che, secondo Rheiner, avrebbero un epitelio pavimentoso. La vibrazione di questo epitelio fu vista ancora nell'uomo perfino a 78 ore dopo la morte.

Nella donna e negli evirati la laringe ha un diametro di circa 1/4 minore che nell'uomo, nel quale è maggiore che nella donna la inclinazione naturale delle corde vocali all' orizzonte. La maggiore lunghezza delle corde vocali determinata nell'uomo da queste condizioni, è la causa della diversa intonatura della voce maschile e femminile.

La glottide si allarga all'inspirazione, si restringe all'espirazione e si chiude nella deglutizione e nell'atteggiamento proprio dello sforzo.

Meno la epiglottide, tutte le altre cartilagini della laringe sono suscettibili di ossificarsi nella vecchiaja, e vuolsi che l'ossificazione appunto della tiroide abbia qualche volta arrestata la penetrazione del ferro suicida (Hyrtl).

§ 116. *Strumenti a linguetta.*

Giovanni Müller, inauguratore dei primi attendibili studii fisiologici sulla laringe, alla quale essenzialmente dobbiamo i toni, a valor musicale, della voce, trovò, che fra i vari strumenti musicali, nessuno presenta con quest'organo maggiori analogie di quelli *a linguetta,* salve quelle particolarità perfettive, che distinguono sempre gli apparati naturali dalle costruzioni artificiali. Volendo prescindere infatti dalla considerazione, che la laringe non è soltanto organo di fonazione, ma anche di loquela e di respiro, nessuno strumento artificiale a linguetta è capace di presentare in sì compendiosa disposizione, quale è quella della laringe, la facoltà di variare con molteplici mezzi l'altezza, il timbro, e la intensità dei toni.

Gli stromenti a linguetta sono stromenti a fiato, nei quali la corrente aerea è periodicamente intercettata dalla vibrazione di un corpo elastico, che è appunto la *linguetta.* Si distinguono in questi strumenti tre parti principali che sono: il conduttore dell'aria o *portavento;* una elastica *linguetta* vibratile di diversa forma, grandezza e materia; un tubo aperto o *corpo,* che sta al dissopra della linguetta, la cui colonna aerea viene messa in vibrazione. Di quest'ultima parte manca l'armonica orale, che è uno degli stromenti a linguetta più semplici, nei quali il portavento è sostituito dalla bocca. L'organo, il clarinetto, l'oboe, il fagotto, sono stromenti a linguetta più complicati. Nel corno da caccia e nella tromba le labbra del suonatore sostituiscono la linguetta.

Quando la linguetta si trova nel suo equilibrio statico, non dà passaggio o ben poco all'aria del portavento; cede però alla sua pressione, muovendosi con celerità crescente dapprima, decrescente dappoi, per la crescente resistenza della linguetta e perchè aumentando l'apertura di passaggio dell'aria diminuisce colla resistenza la estensione e la forza della corrente che si applica al movimento della linguetta. Quest'ultima retrocede quindi e supponendo, per maggiore semplicità, che non oltrepassi i limiti del suo equilibrio statico, l'aria respinta dalla linguetta chiusa viene ad essere sempre più fortemente urtata da quella che le viene dal portavento. Im-

maginando un rapido alternarsi di questo aperto e precluso adito dell'aria al corpo dell'istromento, ne verrà, che alla meno tesa aria di quest'ultimo, dovrà imprimere periodiche scosse, generatrici del tono, la più tesa aria del portavento.

Il tono insorge adunque per vibrazioni aeree nel corpo dell'istromento; quindi essenzialmente come nei semplici stromenti a fiato (flauto) nei quali la colonna d'aria di un tubo vien messa in vibrazione da scosse impressele dall'aria soffiata.

Se non che negli stromenti a linguetta le vibrazioni aeree del corpo possono reagire sulle vibrazioni della stessa linguetta, poichè mancando anche il corpo, la linguetta dà un tono proprio, la cui altezza dipende dalla sua elasticità e lunghezza, col diminuire della quale aumenta l'altezza in ragione inversa del quadrato della lunghezza, per modo che a metà lunghezza dà il quadruplo di vibrazioni, con conseguente elevazione di due ottave. Se invece l'istromento è munito di corpo abbastanza lungo, in allora le vibrazioni aeree di quest'ultimo modificano le vibrazioni proprie della linguetta, abbassando il tono, lentamente dapprima, poi più celeremente col crescere della lunghezza, fino ad abbassarlo di una ottava. A questo punto la lunghezza del corpo è tale che il suo tono proprio è eguale al tono proprio della linguetta, eguale quindi a metà lunghezza dell'onda del tono proprio di quest' ultima. Raddoppiando la lunghezza del corpo si ha un ulteriore abbassamento di una quarta, con ritorno all'altezza precedente se aumenti ancora la lunghezza ed ulteriore discesa di una piccola terza per successivo aumento della medesima. La forza del soffio influisce pure sulla intensità ed altezza del tono.

Fra le varie specie di linguette vi possono però essere anche le membranose, delle cui vibrazioni Giovanni Müller ha studiato le leggi. Il più semplice stromento a linguetta membranosa è un tubo, sull'una delle cui aperture è tesa una membrana fessa. Senza che l'ampiezza della fessura influisca essenzialmente sull'altezza del tono, ottiensi più facilmente quest'ultimo a stretta fessura, con leggi identiche a quelle delle corde vibranti, mentre le linguette inflessibili agiscono come le elastiche aste vibranti. Ne verrà, che a linguette membranose, l'altezza del tono dovrà dipendere in primo luogo dalla lunghezza, dalla tensione e dallo spessore della linguetta, essendo questi appunto i principali momenti che influiscono sulla vibrazione delle corde.

La forza del soffio aumenta l' altezza del tono, il quale è pure modificato dalla diversa tensione delle due linguette, poichè o vibra sol quella più idonea a vibrare a quella data forza di soffio, o

vibrano amendue con insorgenza di due toni o di un solo tono intermedio.

Il tono è pure modificato dal corpo, che a data lunghezza lo abbassa gradatamente senza però giungere alla ottava. A dato grado di lunghezza, quando il tono proprio del corpo si avvicina a quello della linguetta, il tono dell'intiero strumento si avvicina ancora al tono proprio della linguetta, per abbassarsi di nuovo a crescente lunghezza del corpo. Anche la lunghezza del portavento agisce sul tono come quella del corpo, e tali influenze specialmente si appalesano ad ineguale tensione delle linguette e a difficoltata vibrazione dei loro margini d'attacco per ristrettezza delle medesime (Rinne). La progrediente occlusione dell'apertura terminale del corpo abbassa fino alla quinta il tono, che aumentando il soffio rielevasi più, che non in semplice stromento a linguetta senza corpo.

Dal detto emerge, che gli stromenti composti (con corpo) a linguetta membranosa differiscono nel contegno dei loro toni dai consimili a linguette inflessibili, come li vedremo differire anche dalla laringe.

§ 117. *Valutazione fisiologica della laringe.*

Dall'esposto nel precedente § è facile rilevare che nell' apparato vocale, il quale, per azione di muscoli può essere innalzato od abbassato, i polmoni rappresentano i mantici, la trachea il portavento, le corde vocali una costruzione a linguetta, i seni del Morgagni, le fauci colle aperture orale e nasale il corpo di un istromento composto a linguette membranose. I muscoli proprii della laringe agiscono a guisa di leve modificando la tensione, la grossezza e la estensione delle linguette e modificando quindi anche la figura e l'ampiezza della fessura (*glottide*) interposta alle medesime.

Le due paja di legamenti della glottide, che per essere duplicature della mucosa laringea hanno un attacco periferico, riproducono precisamente le linguette membranose di un istromento, linguette che possono accorciarsi per contrazione dei loro muscoli proprii (tireo-aritnoidei); allungarsi per contrazione del crico-tireoideo, il quale o ne avanza l'attacco anteriore roteando la tiroide verso la cricoide, o ne arretra invece l'attacco posteriore, se fissata la tiroide, rotea verso di essa la parte anteriore della cricoide, arretrando di conseguenza le aritnoidi articolate alla sua parte posteriore. Si comprende che il crico-tereoideo non abbia muscoli antagonistici, poichè cessando la sua azione, le cartilagini sono ritornate al loro posto dalla tesa elasticità delle corde.

Non è ancora accertato se l'azione sonora delle corde vocali debbasi soltanto al loro margine libero, o se non vi partecipi anche la intiera loro superficie. In questo secondo caso la modalità di oscillazione dovrebbe essere influenzata dai tireo-aritnoidei, che nella loro azione però dovrebbero essere superati dagli antagonistici crico-aritnoidei, onde non abbiano i primi a produrre, coll'avvicinamento dei loro punti d'attacco, un rilasciamento del margine libero delle corde, il quale, secondo Harless, sarebbe l'unico a tendersi quando rotea la tiroide verso la cricoide, senza contrazione dei tireo-aritnoidei. In ogni modo però non sono ancora fuori di discussione gli effetti meccanici e fonici dei tireo-aritnoidei, ai quali Merkel attribuisce la facoltà di determinare nelle corde vocali delle modificazioni di lunghezza, spessore, forma, consistenza e tensione.

Anche rispetto alle cartilagini aritnoidee, non è ancora accertato quali specie di movimenti vi avvengano, quali sieno i muscoli che li determinano, quali gli effetti fisiologici che ne derivano. Uno di questi effetti deve essere certamente quello di modificare la figura della glottide vera, che presenta le seguenti variazioni: 1.° *Glottide afonica*, di figura triangolare coll'apice anteriore all'angolo della tiroidea e la base posteriore tra le aritnoidi assai divaricate. 2.° *Glottide prefonica*, lineare nella sua parte anteriore fiancheggiata dalle corde vocali, triangolare nella sua parte posteriore coll'apice ai processi vocali avvicinati e la base alle ancóra discoste aritnoidi. Questa variazione è portata dalla contrazione dei crico-aritnoidei laterali, che roteando le aritnoidi all'interno sul loro asse longitudinale, avvicinano i processi vocali, che vengono per tal guisa a formare due nodi procidenti nell'area della glottide, la quale alla sua volta si riduce anteriormente a fessura per contrazione dei tireo-aritnoidei. Questa porzione anteriore della glottide vera fu anche detta glottide *fonica* e glottide invece *respiratoria* la porzione triangolare posteriore. Una tale distinzione può valere solo in quanto s'intenda che in questo periodo transitorio possa aver luogo ricambio gazoso respiratorio attraverso la porzione posteriore, non in quanto passi normalmente per essa la corrente respiratoria, dovendosi, come risulta dalle stesse osservazioni laringoscopiche, considerare piuttosto, per la sua ampiezza, come glottide respiratoria, la glottide afonica. 3.° *Glottide fonica*, lineare in tutta la sua lunghezza per avvicinamento delle aritnoidi da contrazione dei muscoli inter-aritnoidei trasversi ed obliqui. 4.° *Glottide metafonica*, di figura romboidea, poichè laddove nella prefonica corrispondevano due procidenze per internamento dei processi vocali da pregressa contrazione dei crico-aritnoidei laterali, corrispondono ora due seni angolosi per

esternamento dei processi vocali dovuto a rotazione esterna delle aritnoidi, da contrazione dei crico-aritnoidei posteriori, perdurante oltre a quella dei laterali. Da questa figura transitoria la glottide passa quindi alla figura triangolare afonica.

Per meglio comprendere il meccanismo delle cartilagini aritnoidee è bene premettere, che la ovale superficie articolare offerta dal margine superiore del segmento posteriore della cricoide all' aritnoide è diretta obliquamente col suo massimo diametro da retro-interno all'avanti-esterno, ove ricade con una inclinazione di circa 45°, alquanto inflessa, più larga che posteriormente e convessa nel senso trasversale. La corrispondente superficie articolare dell'aritnoide è pur concava nel senso trasversale, più breve della superficie articolare della cricoide nel senso longitudinale, più lunga invece di essa nel senso trasversale. Alcuni considerano questa articolazione come una troclea pura, altri come un ginglimo trocleare. La seconda opinione è resa più verosimile dalla circostanza, che la capsula articolare non è egualmente tesa in tutte le direzioni, per cui all'aritnoide appartiene una mobilità più estesa, di quello sembri a prima giunta indicare la natura della sua superficie articolare.

§ 118. *Laringoscopio.*

Le modificazioni che avvengono nella laringe fonicamente attiva furono principalmente indagate col laringoscopio, immaginato dal maestro di musica Garcia.

L' istrumento consiste essenzialmente in uno specchio perforato, che riflette i raggi provenienti da una intensa fonte luminosa ad altro specchio metallico tenuto, mediante manubrio, contro la faringe, attraverso la bocca ampiamente aperta. I raggi riflessi dal primo specchio sul secondo, riflessi alla lor volta da quest' ultimo alla laringe, ritornando in parte da essa per la stessa via, possono essere accolti dall' occhio che osserva dietro il foro del primo specchio. Applicando bene il secondo specchio si possono vedere col laringoscopio: la base della lingua, il margine e la superficie inferiore dell'epiglottide, le cartilagini aritnoidee, le corde vocali in quasi tutto il loro decorso, una parte della mucosa della trachea fin quasi alla sua biforcazione.

Respirando tranquillamente si vedono divaricate le aritnoidi, divergenti all'avanti ed all'esterno i processi vocali, configurata la glottide ad ampia apertura con apice anteriore, con base posteriore tondeggiante a massimo diametro fra i processi vocali.

L'eventuale ostacolo che la epiglottide mettesse a questa visione

potrebbe essere rimosso facendola elevare mediante ripetuta pronuncia dell'*e* aperta o della *i*, senza modificare la respirazione, la quale, quando si faccia difficile, dà luogo ad un allontanamento inspiratorio e ad un avvicinamento espiratorio delle corde vocali.

Fino a tanto che la glottide rimane così atteggiata, si può a beneplacito esagerare la respirazione, che non si ottengono toni vocali, ma soltanto dei rumori soffianti, devoluti all'attrito dell'aria contro le pareti laringee. Per la insorgenza dei toni vocali si esige la interruzione della corrente aerea per opera delle vibranti corde vocali, epperò si esige lo stringimento della glottide per avvicinamento di queste ultime. Garcia e Czermack hanno direttamente osservato col laringoscopio nella fonazione il reciproco avvicinamento delle aritnoidi e delle corde vocali, per modo che la parte anteriore della glottide si converte in una fessura, la quale diventa sempre più esile e breve coll'elevarsi del tono. Nei toni elevatissimi le corde vocali sono tese assai fortemente e diventano anche visibili i legamenti superiori. Nei toni bassi invece la glottide si sottrae tanto più all'osservazione, quanto è più basso il tono, perchè le aritnoidi e le corde vocali vengono ad essere coperte dal margine della epiglottide.

§ 119. *Toni laringei.*

Giovanni Müller aveva già provato che non si ottengono toni da una laringe privata dei legamenti inferiori della glottide (corde vocali) e munita soltanto dei legamenti superiori, i quali, se pur si avvicinano nei toni alti, non si avvicinano abbastanza per ostacolare il passaggio dell'aria in un grado necessario alla produzione del tono. I toni non mancano invece, tuttochè modificati nel loro timbro, se si esportano i legamenti superiori. Essenziali quindi alla insorgenza del tono sono le corde vocali, che però devono avere una conveniente tensione ed elasticità; motivo per cui, modificandosi variamente le vibrazioni, i toni diventano difficili alterati e mancanti ogni volta che la mucosa delle corde vocali sia flogisticamente tumefatta, o catarrosa od infiltrata.

L'altezza dei toni laringei dipende principalmente dalla lunghezza, dalla larghezza e dalla tensione delle corde vocali.

La minore lunghezza e larghezza di queste corde nei fanciulli e nelle donne determina la maggiore elevazione dei loro toni rispetto a quelli dell'uomo adulto.

Il diverso grado di tensione delle corde vocali costituisce il momento principale, per cui può variare nella stessa laringe l'altezza

dei toni. Aumentando infatti la tensione delle corde nella laringe esportata, Müller ha potuto elevare i toni di circa due ottave e mezza ed ottenere presso a poco le variazioni inerenti a quasi tutta la estensione della voce umana.

La tensione delle corde si ottiene per allontanamento dei loro punti d'attacco e per contrazione dei loro muscoli (tireo-aritnoidei) che determinano pure la figura fonica della glottide.

Col primo mezzo di allontanamento dei punti d'attacco delle corde, la contrazione dei crico-tiroidei non tende tanto ad avanzare il punto d'attacco anteriore, quanto a fissarlo nella sua ubicazione. Mettendo infatti un dito nello spazio crico-tiroideo non ci accorgiamo che esso diminuisca sensibilmente aumentando l'altezza del tono, tuttochè Merkel ammetta una tale diminuzione. Fissato quindi il punto d'attacco anteriore delle corde, la loro tensione viene a dipendere quasi intieramente dall'arretramento dei loro punti d'attacco posteriori, ai processi vocali delle cartilagini aritnoidee, mediante movimenti di queste cartilagini che non sono ancora esattamente determinati.

Fra le molte, si agitano a questo proposito due principali opinioni. L'una di esse ammette soltanto una mobilità sull'asse longitudinale delle aritnoidee, che girerebbero a vite sulla superficie articolare della cricoide in sensi opposti, all'interno cioè ed all'esterno. L'altra opinione invece ammette soltanto la rotazione interna sull'asse longitudinale, ma riconosce pure all'aritnoide la facoltà di flettersi posteriormente e un po' anche esternamente per una rotazione sull'asse longitudinale dell'articolazione crico-aritnoidea.

La prima opinione, che considera i crico-aritnoidei posteriori come puri e semplici antagonistici dei crico-aritnoidei laterali, attribuisce a questi ultimi la facoltà di roteare all'interno le aritnoidi, per trazione anteriore del processo muscolare, e di avvicinare quindi e contiguare i processi vocali, determinando, colla contemporanea contrazione dei muscoli tireo-aritnoidei, la glottide prefonica, dalla quale si passerebbe alla glottide fonica per avvicinamento delle aritnoidi da successiva contrazione degli inter-aritnoidei (trasversale ed obliquo). Entrando inallora in azione i crico-aritnoidei posteriori, questi, esercitando una trazione posteriore sui processi muscolari, tenderebbero le corde per arretramento dei processi vocali. Si comprende facilmente che un tale arretramento non si può ripetere da una semplice azione antagonistica di questi muscoli, i quali, in base alla medesima, dovendo roteare le aritnoidi dall'interno all'esterno, dovrebbero, nel solo caso di loro prevalenza sui

crico-aritnoidei laterali, arretrare ed esternare i processi vocali, inducendo la figura metafonica della glottide, impropria alla fonazione.

Troviamo quindi più propria a spiegare il meccanismo di tensione delle corde vocali l' altra opinione, che considera i crico-aritnoidei posteriori bensì come antagonistici dei laterali, ma anche come flessori posteriori delle aritnoidi.

Questa opinione è avvalorata da due considerazioni: la prima delle quali riferibile alla direzione di molte delle fibre di questi muscoli, direzione che essendo retto-ascendente, non può altrimenti che determinare una trazione inferiore sulla base delle aritnoidi e quindi la loro flessione posteriore; la seconda riferibile alla struttura dell'articolazione, spiegandosi appunto da una contemporanea rotazione interna delle aritnoidi pei crico-aritnoidei laterali e flessione posteriore delle medesime pei crico-aritnoidei posteriori la necessità che la superficie articolare delle aritnoidi fosse trasversalmente più estesa di quella della cricoide, appunto perchè doveva roteare obliquamente su quest' ultima. Ammessa quindi la precedente azione dei crico-aritnoidei laterali, si avrebbe la glottide prefonica ridotta a glottide fonica dalla successiva azione degli inter-aritnoidei, mentre i crico-aritnoidei posteriori, colle loro fibre oblique, antagonistiche ai laterali, tendendo a roteare le aritnoidi all' esterno, fisserebbero meglio fra le due opposte forze il loro asse e colle fibre rette fletterebbero le aritnoidi, superando la resistenza opposta dalla elasticità delle corde e dai tireo-aritnoidei.

Nell'avvicinamento delle basi aritnoidi per contrazione degli inter-aritnoidei, esse scivolano sulla superficie articolare della cricoide nei limiti, di circa 3 millimetri, concessi dalla tensione della membrana capsulare.

Nel passaggio quindi alla glottide fonica le aritnoidi farebbero tre movimenti: di rotazione interna pei crico-aritnoidei laterali; di flessione posteriore pei crico-aritnoidei posteriori; di spostamento interno per gli inter-aritnoidei.

Come poi nella rotazione interna delle aritnoidi gli avvicinati processi vocali si elevano alquanto sul piano primitivo, ed ancora maggiormente si elevano quando per trazione esercitata dagli aritnoidei posteriori descrivono una curva colla convessità all'alto e un poco all'esterno, così ne deriva una modificazione della inclinazione delle corde vocali verso il portavento, ed una modificazione anche nell'ampiezza dei ventricoli di Morgagni, senza che si sappia però fino ad ora valutare la importanza fonica di queste modificazioni, tuttochè possa ritenersi che i ventricoli di Morgagni permettano una conveniente escursione delle corde.

Come alla chiusura della glottide si concomita la tensione, così all'apertura della medesima va congiunto il rilasciamento delle corde vocali. Queste infatti si rilasciano al cessare della contrazione dei tireo-aritnoidei, mentre rilasciandosi i crico-aritnoidei laterali, gli attacchi posteriori delle corde ai processi vocali, abbandonati per un momento all'azione antagonistica dei crico-aritnoidei posteriori, vengono allontanati all'indietro ed all'esterno, determinando di tal guisa, coll'allontanamento della base delle aritnoidi per rilasciamento degli inter-aritnoidei, la glottide metafonica, di passaggio alla glottide afonica.

Nella produzione dei toni vocali hanno pure importanza gli spostamenti della laringe, che, coll'elevarsi od abbassarsi dei medesimi, corrispondentemente si eleva o si abbassa; direttamente per gl'io- e sterno-tiroidei, indirettamente pei muscoli sovra e sotto joidei, col sussidio anche della estensione e flessione della testa, come si osserva nei cantanti. La elevazione della laringe porta seco un allungamento e quindi uno stringimento ed una tensione del portavento tracheale, mentre invece un effetto opposto induce il suo abbassamento.

Il valore fonico di questi spostamenti non è ancora del tutto chiarito. Müller vorrebbe, che tubi di diversa lunghezza, sostituiti alla trachea, non influissero sensibilmente, a differenza degli stromenti a linguetta, sulla qualità dei toni. Partendo dal principio che le membrane più tese danno dei toni più alti e più intensi, Rinne vorrebbe che la tesa trachea rinforzasse i toni alti colle sue vibrazioni. Prescindendo dalla circostanza che questa limitazione lascia inesplicata la produzione di toni bassi a testa flessa, egli è certo che le pareti della trachea e dei bronchi, e principalmente l'aria contenuta nei medesimi agiscono come apparati di risonanza, rinforzando i toni nelle loro vibrazioni. Da ciò si spiega il rapporto fra la robustezza della voce e lo sviluppo del torace.

Anche la influenza fonica dei movimenti della epiglottide non è fino ad ora conosciuta.

Quelle parti dell'apparato fonico, che stando al disopra delle corde vocali rappresentano il corpo di un istromento a linguetta, agiscono, modificando il timbro e specialmente la forza del tono, ma non l'altezza del medesimo. Tali effetti otteniamo chiudendo il naso o la bocca od aprendo quest'ultima. A forte corrente aerea la chiusura del naso porta il timbro nasale, perchè le pareti delle cavità nasali agiscono più intensamente come riflessori delle onde ed entrano in più forti vibrazioni modificatrici del timbro. Identico effetto si ottiene aumentando la corrente aerea alle narici poste-

riori mediante abbassamento del velopendolo sulla base della lingua, come avviene nel canto nasale. La più estesa sonorità della bocca e delle narici aumenta la intensità del tono, che diminuisce nvece coll'ossificare della laringe.

I toni laringei possono essere dati con un timbro di assai diverso registro, come avviene nei così detti *toni di petto* e di *falsetto*. I primi sono in genere più profondi, più alti i secondi, mentre i medii possono essere dati nel timbro di amendue i registri. Le ricerche di Mueller e Lehfeld avrebbero condotto a stabilire, che la differenza dipende dal modo in cui vibrano le corde vocali, perchè nei toni di petto queste corde vibrerebbero a grandi escursioni in tutta la loro lunghezza, mentre invece nei toni di falsetto non vibrerebbero che i loro margini interni. Vorrebbesi invece da Rinne, che nei toni di falsetto le parti esterne delle corde vibrassero pure, con escursioni però molto brevi ed invisibili, mentre invece sarebbero molto estese le vibrazioni dei margini liberi in questi toni e pur molto estese e visibili su tutta la superficie delle corde nei toni di petto. Garcia s'accorda in questo con Rinne, ammettendo pure, che nei toni di falsetto la glottide sia più aperta che non negli stessi toni di petto. Si sarebbe inoltre osservato: che nei toni di falsetto non convibrano le pareti della trachea e del torace, che si sentono invece vibrare applicando la mano sul torace nei toni di petto; che non vi ha senso di sforzo laringeo, il quale invece raggiunge un considerevole grado negli alti toni toracici; che ad egual volume d'aria polmonare un tono toracico di data altezza può essere sostenuto più a lungo che non lo stesso tono di falsetto, forse perchè nel primo caso la corrente espiratoria è più ostacolata che non nel secondo.

Nei toni gutturali per arretramento del velopendolo contro la faringe, la corrente aerea è diretta esclusivamente alla bocca e quivi ostacolata nel suo passaggio dalla elevazione della base della lingua.

§ 120. *Voce.*

La voce è l'effetto di una regolare e periodica irruzione dell'aria attraverso la glottide contratta. L' aria espiratoria, che sotto una certa pressione arriva alle più o meno tese corde vocali, determina il tono per vibrazione di esse, le quali, per sè stesse non sono o sono appena debolmente sonore.

La esilità risultante alla fessura della glottide dall' ingrossare e quindi dal reciproco avvicinarsi delle corde contratte, impedendo,

col passaggio dell'aria, il sollecito svuotamento dei mantici polmonari, determina la possibilità d'intrattenere per più lungo tempo il tono e d'impartire una conveniente tensione all'aria del portavento, mediante i muscoli espiratori. L'urto dell'aria eleva alquanto e divarica le corde, che nella loro oscillazione regressiva tornano a restringere più o meno la glottide, per cui la più tesa aria del portavento non arriva al corpo uniformemente, ma con rapide e periodiche irruzioni, la cui frequenza dipende dal numero delle vibrazioni delle corde. L'urto derivante da queste irruzioni determina delle regolari oscillazioni sonore nell'aria del corpo, oscillazioni sonore che si possono anche ottenere con correnti inspiratorie.

Dal detto emerge, che nelle condizioni ordinarie di sonorità espiratoria, perchè le corde vocali entrino in vibrazione sonora, si esige: la loro tensione, la esilità della glottide, la pressione sull'aria. Il grado di questa pressione dipende specialmente dall' altezza e dalla intensità del tono che si vuole ottenere, ma in ogni modo la pressione espiratoria ordinaria non basta a dare il tono, pel motivo che, secondo Harless, in ogni espirazione sonora la quantità d'aria espirata è maggiore che nella espirazione ordinaria. I toni bassi esigono i minori aumenti di pressione, che devono essere maggiori nei toni alti, con maggiore stringimento della glottide, osservato mediante il laringoscopio. La pressione esercitata dall'aria sulle corde dovrà essere eguale a quella esercitata sulle pareti della trachea, la quale potrà misurarsi mediante manometro applicato per modo da non mettere ostacolo al decorso dell'aria. Cagniard-Latour, che ebbe la opportunità di questa applicazione in uomo affetto da fistola tracheale, trovò all'incirca 12 mill. Hg. per toni medii, 15 per toni più alti, 72 per la forte chiamata di un nome. L'afonia dev'essere quindi l'immediato effetto di un'apertura praticata nella trachea.

È però ad osservarsi che un aumento di pressione dell'aria contro le corde vocali può modificare il tono in due modi: aumentandone, cioè, la intensità e l'altezza. A tensione costante delle corde per opera dei muscoli laringei, l'aumento della pressione aerea eleva il tono; che se invece coll'aumento di pressione aerea vogliasi ottenere semplicemente un aumento d' intensità, in allora deve aver luogo un compensante rilasciamento delle corde. Un tono quindi di determinata altezza può ottenersi a diversi gradi di pressione aerea; maggiore quando le corde sieno più rilasciate, minore quando sieno più tese. Supposta invariabile la tensione delle corde, non possiamo mantenere lungamente lo stesso tono coi medesimi elementi di pressione sull'aria, poichè la reazione elastica dei pol-

moni diminuisce col prolungarsi della espirazione. Per mantenere quindi lungamente lo stesso tono, o si dovrà crescere la tensione delle corde vocali onde compensare la diminuita pressione, ovvero si dovrà aumentare l'azione dei muscoli espiratorii. Quanto più basso il tono e quanto minore la pressione, tanto più a lungo potranno i muscoli aumentare la loro attività, senza raggiungere il massimo e senza quindi stancarsi. Quanto più alto è il tono e quanto più si avvicinano quindi al massimo di tensione le corde, tanto più difficile ne diviene il mantenimento, pel motivo, che non possiamo compensare, con un ulteriore aumento di tensione delle corde, la pressione espiratoria decrescente per la energia della contrazione. I muscoli espiratorii agiscono quindi molto più complicatamente che non i mantici dell'organo, quanto che essi non solo devono dare la corrente aerea, ma devono anche regolarla sotto variabilissime condizioni.

Il timbro e l'altezza dei toni nella voce umana dipendono essenzialmente dalla età e dal sesso. La serie dei toni dell'uomo adulto è in genere, come dicemmo, più bassa, che non quella della donna, tuttochè sieno ad amendue comuni i più alti toni maschili e i più bassi femminili.

Quanto al timbro, quello della voce femminile si avvicina al timbro di falsetto della voce maschile, mentre la voce di falsetto femminile si distingue meno che nell'uomo dalla rispettiva voce di petto. Il timbro e l'altezza della voce infantile eguaglia quella della donna, assumendo il suo carattere mascolino all'epoca della pubertà.

Queste differenze tengono principalmente alle modificazioni che la laringe e le varie sue parti presentano a seconda dell'età e del sesso. Intanto la laringe femminile ed infantile hanno diametri minori di quelli della laringe maschile, e la inclinazione naturale delle corde vocali all'orizzonte è maggiore nell'uomo che nella donna. Alla prima di queste differenze, tiene, come causa principale di variante serie dei toni, la differente lunghezza delle corde vocali, che, secondo Müller, dalla loro lunghezza media di mill. 18 $^1/_2$ per il maschio, raggiungerebbero nella tensione mill. 23, 16, mentre nella femmina passerebbero in media da mill. 12 $^2/_3$ a 14 $^2/_3$. La lunghezza media quindi delle corde vocali rilasciate sta nell'uomo e nella donna come 3 : 2 e l'allungamento che subiscono per la tensione le prime è alquanto maggiore di quello che subiscono le seconde. Nel fanciullo le corde vocali sono più brevi che nella donna adulta, e rapidamente s'allungano col maturare del sesso all'epoca pubere, con cambiamento della voce, che assume il carattere della voce maschile

tanto nel timbro, quanto nella serie dei toni. Nei fanciulli evirati, insieme a quella generale trasformazione che determina il tipo mascolino, manca eziandio l'aumento della laringe e delle corde vocali, per cui la voce s'arresta al soprano, con timbro femmineo ed intensità mascolina. Questo rapporto fra lo sviluppo delle ghiandole sessuali e della laringe non può altrimenti spiegarsi che colla teoria delle riflessioni nerveo-vascolari.

Rispetto all'altezza dei toni si distinguono nella voce umana: il *soprano* e *mezzo soprano*, che comprende rispettivamente i più alti e i medii toni femminili; il *contralto*, che comprende i più bassi toni femminili; il *tenore* che comprende i più alti toni maschili; il *baritono* e il *basso*, che comprendono rispettivamente i medii e i bassi toni maschili. Fra i più profondi toni del basso e i più alti del soprano corrono all'incirca 3 ottave e mezza, per modo che, tenendo calcolo delle eccezionali profondità od altezze, si può dire, che sulle 9 ottave musicali la voce umana ne comprende 5. Una buona voce applica musicalmente un po' più di 2 ottave; è rara una maggiore estensione, ma eccezionalmente la si ebbe perfino a 3 ottave e mezza. Qualche basso ha raggiunto F_1 qualche soprano a_3.

Riproduciamo da Vierordt, nella seguente pagina, la indicazione dei limiti della voce umana col numero delle rispettive vibrazioni.

Ottava	Tono	Vibrazioni	
	C_1	32	(il più profondo tono di cembalo).
	D_1	36	(il più profondo tono d'orchestra; contrabbasso).
C_1	F_1	42	(l'eccezionalmente più profondo tono maschile).
	G_1	48	
	A_1	53	
	H_1	60	
C	C	64	
	D	72	
	E	80	
	F	85	
	G	96	
	A	106	
	H	120	
c	c	128	
	d	144	
	e	160	
	f	170	
	g	192	
	a	213	
	h	240	
c_1	c_1	256	
	d_1	288	
	e_1	320	
	f_1	341	
	g_1	384	
	a_1	427	
	h_1	480	
c_2	c_2	512	
	d_2	576	
	e_2	640	
	f_2	683	
	g_2	768	
	a_2	854	
	h_2	960	
c_3	c_3	1024	
	d_3	1152	
	e_3	1280	
	f_3	1366	
	g_3	1536	
	a_3	1708	(l'eccezionalmente più alto tono da soprano).
	c_5	4096	(il più alto tono di cembalo).
	d_5	4608	(il più alto tono d'orchestra).

Da questo prospetto risulta che i toni comuni a tutte le voci sono assai pochi, riducendosi essi a c_1 d_1 e_1 f_1.

Il più ordinario uso che noi facciamo della voce è quello di applicarla, come vedremo più innanzi, alla loquela. In questo caso si cerca di raggiungere lo scopo col minore possibile sforzo, mantenendo i toni medii della propria scala vocale con variazione d'altezza.

La voce però è anche applicata al *grido* e al *canto*.

Il *grido*, che può essere anche interrotto, come nel pianto, è la maniera più semplice di emissione di toni laringei. Questi toni o sono interrotti ed hanno un' altezza accidentale non procurata, o constano invece di un tono più alto e a lungo protratto. L' altezza di questo tono però è interamente influenzabile dalle cause che possono modificarla (fra cui specialmente la diminuita intensità della corrente aerea col prolungarsi della espirazione) per modo che le sue variazioni non cadono in determinati intervalli musicali, ma vi ha un progressivo abbassamento, ovvero una elevazione quando sia rinforzata la corrente. Che se sopraggiunga la stanchezza muscolare, in allora l' abbassamento, oltrecchè dalla diminuita intensità della corrente, viene ad essere anche influenzato dalla diminuita tensione delle corde.

Nel *canto*, i toni hanno un'altezza, una intensità ed un timbro determinato dalla volontà e le variazioni dell'altezza avvengono negli intervalli musicali secondo le regole dell'armonia. La sicurezza e la perfezione colla quale adoperiamo in questo modo l' organo vocale è frutto dell'esercizio, mediante il quale, raffinando il senso muscolare inerente alla contrazione fonica dei muscoli e raffinando il rapportamento al medesimo del relativo effetto fonico, veniamo a riconoscere e a ricordare quale appunto di tale effetto corrisponda a quel determinato senso, precisamente come valutiamo il peso dal senso indotto dal grado di contrazione muscolare del braccio che lo eleva. Che anzi più di quest'ultima è complicata e difficile la valutazione fonica, nella quale ci prevaliamo di due specie di compensantisi sensi muscolari; quello, cioè, inerente alla tensione delle corde e quell'altro inerente all'azione dei muscoli espiratori. Per modo che, potendosi dare un tono di determinata altezza con minore tensione delle corde e maggiore forza espiratoria o viceversa, ne deriva, che dobbiamo in certa guisa formarci per ogni tono una scala delle diverse combinazioni nelle quali i due sensi compartecipano al medesimo. Nè ciò vale soltanto per l' altezza, ma anche per la intensità del tono o pel suo *crescendo* o *decrescendo*, poichè volendo aumentare o diminuire la intensità col rinforzo o coll' indebolimento della corrente espiratoria, senza alterare l'altezza, dobbiamo indurre rispettivamente una compensante rilasciatezza o tensione delle corde. Le sperienze fatte a questo proposito da Müller

col tono *h*, sulla laringe esportata, lo hanno condotto al risultato, che il crescendo del medesimo esige la seguente progressione di pressione aerea in centimetri, congiunta ad una corrispondente regressione del peso (in gramme) applicato alla tensione delle corde.

Pressione aerea	Tensione delle corde
9	34,42
11	19,12
13	11,47
15	7,65
17	3,82.

La difficoltà d'impadronirsi intieramente di questi rapporti è la causa principale per cui, anche i più provetti cantanti facilmente stonano nel crescendo, specialmente quando per stanchezza muscolare non sieno capaci di ottenere il voluto grado di contrazione delle corde.

Certo che alle indicate condizioni del canto intonato devesi pure aggiungere quella di un orecchio sì buono, che valga a riconoscere la diversità di due toni, anche quando sia ridotta ai minimi termini la differenza numerica delle loro vibrazioni. Che se in questo caso i due toni non ci risultassero diversi, in allora, mancandoci l'unità di misura per valutare con esattezza se l'effetto indotto da una data combinazione di sensi muscolari corrisponda intieramente a quello che desideriamo, ci viene ad essere impossibile di esercitare sul nostro apparato vocale quell'assoluto dominio, che costituisce uno dei più essenziali requisiti del canto. Più spesso anzi, più che dalla inettitudine a profittare di un poco esercitato senso muscolare, sembra che lo stono dipenda da mancanza d'orecchio.

Ferrein, fino dal 1740, e più tardi Giovanni Müller tentarono determinare il grado di pressione d'aria e di tensione delle corde laringee necessario per ottenere la vibrazione sonora delle medesime. A quest'uopo, fissata la parete posteriore della laringe, ristretta la glottide mediante sutura attorcigliata alla base delle aritnoidi, soffiavano per tubo applicato alla parte superiore della trachea e comunicante con manometro, tendendo le corde per mezzo di un filo, che traforata la tiroide e passato su carrucola, abbassasse ed avanzasse in vario grado questa cartilagine mediante applicazione di pesi.

§ 121. *Innervazione della voce.*

A proposito di questo argomento, già toccato in precedenti paragrafi, soggiungiamo qui brevemente, che la paralisi del laringeo superiore (prevalentemente sensitivo e quindi forse di prevalente derivazione dal decimo pajo) porta abbassamento e raucchezza di voce per la mancata innervazione del crico-tiroideo, a cui si distribuisce il suo ramo motore; d'onde la mancata fissazione del punto d'attacco anteriore delle corde e la deficenza quindi della loro conveniente tensione. La paralisi invece del ricorrente laringeo (prevalentemente motore e quindi forse di prevalente derivazione dall'undecimo pajo) porta l'afonia per la mancata contrazione di tutti gli altri muscoli della laringe, ai quali, non escluso pure il crico-tiroideo, si distribuisce questo nervo.

Nella esportazione di un tumore al collo, con interessamento del vago destro, Billroth vide, che il margine libero della corda vocale destra era molto vicino alla linea mediana; più lontano da essa quello della corda vocale sinistra, la quale sorpassava il margine libero della corda destra quando l'operato dava dei toni vocali, che erano e si mantennero rauchi. Sarebbe difficile giudicare se in questo caso si trattasse piuttosto di contrattura che di paralisi del tireo-aritnoideo destro, potendo essere tanto l'ingrossamento contrattile, quanto la rilasciatezza paralitica quella che avvicinava alla linea mediana il margine libero della corda destra.

Il dominio che nel canto si esercita sull'altezza, sul timbro e sulla intensità dei toni, dimostra, che i muscoli della laringe sono in alto grado soggetti alla volontà.

§ 122. *Toni buccali.*

L'uomo può dare anche dei toni buccali, che invece di essere dovuti a vibrazioni delle corde laringee, sono dovuti alle labbra messe in vibrazione dall'aria che le urta, ovvero alla stessa aria vibrante nel suo passaggio attraverso le medesime. Abbiamo la prima maniera di tono a timbro vicino a quello della tromba, nella imitazione che i ragazzi cercano fare di questo istromento o di un identico tono labbiale del cavallo. In questo caso, le labbra tese dall'orbicolare, vibrano per la pressione che su di esse esercita l'aria costretta a passare per una stretta apertura. L'altezza del tono dipende dal grado di tensione delle labbra, dalla forza della corrente aerea e dalla lunghezza di un tubo che venisse eventualmente applicato alle labbra.

Nel *fischio*, che può raggiungere un alto grado di perfezionamento musicale, specialmente quando sia, come in genere, espiratorio, può pur concorrere come elemento secondario la vibrazione delle labbra, ma la principale azione è data dall' aria vibrante pel suo attrito al margine delle labbra ristrette (Cagniard La-Tour e Magendie). La stessa elasticità delle labbra è quella forse che determina una periodica modificazione quantitativa dell' attrito, ingenerando di tal guisa una condizione essenziale per la insorgenza dei toni, le cui diverse altezze otteniamo modificando l'apertura e la tensione col diverso grado di contrazione delle labbra e di movimenti della lingua, che abbassiamo verso il pavimento della bocca nei toni bassi, eleviamo invece verso l' apertura labbiale nei toni alti. Il tono può essere però anche elevato soltanto con un rinforzo della corrente espiratoria.

A vibrazione di linguette membranose, rispettivamente rappresentate dai margini dell' apertura anale e dal velopendolo, debbonsi pure i toni del *flato* e del *russo*.

III. — **Effetti glossologici dell'azione muscolare.**

§ 123. *Eloquio.*

Abbiamo nell'eloquio una metodica combinazione di toni, che si producono nella laringe, e di rumori a carattere e timbro di *lettera* (alfabetica) che dalla corrente, per lo più espiratoria, ma anche inspiratoria, si determinano in diverse parti ristrette di quella porzione dell'apparato vocale (fauci, bocca, narici) che corrisponde al corpo degli stromenti a linguetta. Una serie di determinate combinazioni di questo genere dà luogo alle *parole*.

In questo caso abbiamo l'eloquio *sonoro*, che va distinto dal *non sonoro* (il così detto parlar sotto voce) nel quale vi ha soltanto pronuncia di lettere alfabetiche, senza accompagnamento di toni laringei, come avviene di vedere in persone, che per qualsiasi causa hanno perduta la voce. Alcune lettere anzi non possono essere affatto, altre non possono essere che assai difficilmente accompagnate da un tono laringeo e restano quindi *mute* anche nell' eloquio sonoro.

In quest'ultimo eloquio deve avervi ristrettezza di glottide e tensione di corde vocali per la produzione dei toni laringei, i cui componenti toni semplici combinandosi a tutti o ad una parte dei corrispondenti toni semplici che entrano nella costituzione acustica

della lettera alfabetica, rinforzano questi ultimi. Un tale effetto è raggiunto in modo diverso a norma che si tratta di consonanti o di vocali. Nella massima parte infatti delle consonanti il rinforzo avviene per aggiunta dei rumori, generalmente buccali, delle consonanti medesime ai toni laringei. Nelle vocali invece gli stessi toni laringei si rinforzano per risonanza nella bocca, acquistando già per sè stessi un distinto carattere di lettera alfabetica.

Nell'avvertito eloquio non sonoro, come nel parlar sottovoce, le corde vocali non vibrano, perchè non contraendo noi la glottide, l'aria passa liberamente, dando luogo soltanto a rumori d'attrito. Ovvero, come nell'afonia, la mancante vibrazione avviene per ragione patologica, quale, ad esempio, per deficente elasticità delle corde. In questo eloquio il tono laringeo è sostituito da un rumore laringeo, che in genere acquista il carattere dell'*h* aspirata, a cui si uniscono i rumori proprii delle lettere alfabetiche formatesi in diverse parti ristrette del corpo e rinforzati, per risonanza, in altre parti del medesimo.

Già nella respirazione un po' energica per la bocca, l'attrito dell'aria contro le divaricate corde vocali desta un rumore che ritrae alquanto dell'*h* aspirata, per la vera pronuncia della quale si esige però una pressione aerea più forte ed un ostacolo maggiore da parte della glottide, che si atteggia alla figura prefonica.

L'eloquio non sonoro, nel parlar sotto-voce, può essere fatto più intenso di un debole eloquio sonoro, mediante una più forte attività del corpo pronunciante, la quale però evitiamo volontieri per la deformante mimica facciale e pel dispendio di forza inerente alla maggiore attività del respiro, in causa della più rapida perdita che fanno i polmoni dell'aria, che non trova ostacolo nella glottide e che, per la maggiore evaporazione, asciuga troppo la mucosa respiratoria.

Lo studio fisiologico dell'eloquio, considerato nel modo che abbiamo detto, comprende due parti, che sono: 1.° La parte fisiomeccanica o lo studio dei diversi movimenti e delle diverse forme che assume il corpo dell'istrumento a linguetta nella pronuncia delle diverse lettere alfabetiche. 2.° La parte fisica, che determina il valore acustico di queste lettere, le quali risultano da una serie di toni semplici più o meno numerosi e meglio conosciuti per le vocali, ma rivelantisi anche per le consonanti nel predominio di un tono, che insieme a molti sopratoni determina il carattere proprio od il timbro della lettera alfabetica (§ 52).

Mediante l'eloquio sonoro comunichiamo nel più sollecito e semplice modo con chi ci ode. La sola imitazione, con graduato pas-

saggio dalle più facili alle più difficili pronuncie, è quella che educa all'eloquio l'infante, sulla semplice guida dell'udito, senza che esso e lo stesso adulto prendano cognizione dei diversi atteggiamenti degli organi parlanti. I nati sordi invece hanno bisogno di essere istruiti (come primo intraprese il monaco Pietro Ponce nel XVI secolo) nella meccanica dell'eloquio per poterlo apprendere.

La possibilità di pronunciare distintamente, anche durante la inspirazione, voci alfabetiche non sonore, spiega la facoltà che abbiamo di poter parlare sottovoce continuatamente, senza essere interrotti dall'atto inspiratorio.

Parlando sotto una forte pressione dell'aria polmonare espiratoria a glottide assai ristretta, l'eloquio acquista quel peculiare timbro, che dicesi addominale, che tanto riesce ingannevole nel giudicare della direzione e distanza della voce e che può essere mantenuto a lungo, senza interruzione, quando abbia preceduto una estesa ispirazione e quando la glottide sia molto ristretta.

§ 124. *Lettere alfabetiche.*

Le *lettere alfabetiche* si distinguono in *vocali* e *consonanti*. Si vollero intendere per queste ultime, quelle che non possono essere intonate senza l'unione di una vocale, d'onde appunto il loro nome di *con-sonanti*, mentre invece le vocali sarebbero intonabili per sè stesse. L'attendibilità di questo criterio distintivo è contraddetta dal fatto, che, ad eccezione del rumore laringeo *h* aspirato e delle così dette lettere esplosive *p*, *t*, *k*, tutte le altre consonanti possono essere intonate per sè stesse.

Come primo ebbe ad opinare G. Müller, molto più attendibile per la distinzione delle lettere alfabetiche in vocali e consonanti è il criterio della sede in cui s'ingenera il tono od il rumore che ne determina la pronuncia, quantochè il tono delle vocali è laringeo, rinforzato per risuonanza del corpo: quello delle consonanti è proprio del corpo ed è rinforzato dal suono laringeo. In altri termini si potrebbe anche dire, che il suono laringeo resta immutato nelle vocali e si modifica invece nelle consonanti per azione del corpo.

Si distinsero pure le lettere alfabetiche in quelle che possono essere solo istantaneamente pronunciate per rapido movimento delle parti mobili del corpo, vale a dire per *rumori* insorgenti dal passaggio della corrente espiratoria per vie che repentinamente si aprono; e nelle altre, la cui pronuncia può essere volontariamente protratta durante la espirazione, perchè derivante da *rumori* in-

sorgenti dal passaggio dell'aria lungo un canale di forma determinata. Questa distinzione, che è certamente la più fisiologica perchè parte da un criterio giusto ed essenziale, presenta il suo lato manchevole quando per dettagliarla si dividono le lettere alfabetiche in *labbiali*, *linguali*, *palatine*, *dentali*, *nasali* e *laringee*, non sapendosi od essendo per alcune lettere (fra cui specialmente le vocali) assai difficile determinare, quale sia il più importante fra i diversi organi contemporaneamente attivi nella loro pronuncia. A questo proposito possono essere distinte, con Bruch, tre parti del corpo dell'istromento a lingnetta, nelle quali, mediante l'azione di organi, s'induce occlusione o considerevole variazione di forma del tubo. La prima di queste parti è rappresentata dalle fauci, fra la base della lingua, il palato molle e i pilastri; questa parte può essere dilatata per azione dei muscoli della lingua e del velo; può essere invece ristretta o in doppio senso occlusa per abbassamento od elevazione del velo, in modo da impedire il passaggio dell'aria alla bocca od alle narici. La seconda è formata dalla cavità della bocca fino ai denti, modificabile dai movimenti della lingua, per modo da poter essere in varii punti dilatata, ristretta od occlusa. La terza finalmente è rappresentata dall' apertura della bocca, che a norma dell'atteggiamento delle labbra può essere chiusa o trasformata in una fessura trasversa, ovvero in una ristretta apertura circolare od imbutiforme.

§ 125. *Vocali.*

Già note in precedenza, per opera di Willis e Brücke, le condizioni meccaniche di forma e lunghezza del corpo, necessarie alla pronuncia delle vocali, è recente opera di Wheatstone, Donders ed Helmholtz la determinazione del carattere acustico delle medesime. Esso consiste in un *timbro emergente dalla risuonanza del corpo*, timbro determinato da ciò, che fra i toni semplici del tono vocale laringeo, alcuni si rinforzerebbero per risuonanza nella bocca e precisamente quelli che corrispondono o s' avvicinano ai toni proprii di quella data forma di bocca. Questa forma e i relativi toni variano per le diverse vocali, ma sono costanti per la stessa vocale ed indipendenti dall'altezza del tono fondamentale laringeo; per modo che, la risonanza caratteristica del timbro vocale riguarda sempre toni parziali del timbro laringeo di altezza assoluta pressochè costante, ma di assai diverso numero d'ordine rispetto al tono fondamentale. Nel parlare sottovoce, in cui non vibrano sonoramente le corde vocali, è il rumore d' attrito determinato dal passaggio

respiratorio dell'aria traverso la glottide variamente atteggiata e traverso il corpo, quello che, per risonanza di quest'ultimo, acquista il timbro caratteristico delle diverse vocali; la bocca insoffiata a guisa di una canna d'organo, rinforza per risonanza quei toni del rumore, che corrispondono a' suoi toni proprii.

Le più semplici condizioni meccaniche inerenti alla costituzione del corpo per la formazione delle vocali, le abbiamo nella pronuncia dell'*a*. Per forte allontanamento delle labbra, per naturale abbassamento della lingua al pavimento della bocca, questa cavità viene ad assumere la forma di un imbuto, col suo apice alla laringe e con allontanate le arcate dentali, tuttochè si possa anche pronunciare chiaramente l'*a* a denti chiusi, quando, dilatando possibilmente la bocca, si elevino da essi le labbra. In questa pronuncia vi ha elevazione della laringe verso il joide, rilevabile mediante un dito applicato nello spazio corrispondente e valevole a determinare la necessaria forma e lunghezza del corpo.

Restringendo alquanto l'apertura della bocca ed arrotondandola colle labbra, si passa dall' *a* all'*o*, e da questo all' *u* lombardo restringendo più ancora l'arrotondata apertura buccale e ritraendo la lingua. Fra l'*a* aperto e l'*o* vi hanno dei timbri intermedii, usati specialmente in inglese, a cui corrispondono intermedie dilatazioni dell'apertura della bocca ed intermedie gradazioni di forma ed ampiezza della sua cavità. Un esempio di questi timbri intermedii lo abbiamo nella pronuncia della parola inglese *not*, e nella differenza che passa in italiano fra l' *o* chiuso di *loro* e l' *o* aperto di *notte*, *colle*, ecc.

Dall' *a* si pronunciano altre vocali e voci intermedie, quando immutata lasciando l'ampiezza dell'apertura della bocca, si restringe gradatamente la parte anteriore della sua cavità mediante avvicinamento del dorso della lingua al palato osseo, e si amplifica invece la sua parte posteriore mediante abbassamento della base della lingua. Si passa in questo caso dall' *a* all' *ä* tedesco, all'*e* ed all' *i*. Nella pronuncia di quest' ultima vocale, la parte anteriore della bocca si stringe e si allunga al massimo, raggiungendo, secondo Helmholtz, una lunghezza di sei centimetri. Dall'*e* si passa all'*ö* tedesco (come nella pronuncia della parola *oev* (uovo) in dialetto lombardo) mentre dall'*i* si passa all'*u* lombardo, quando si allunghi la ristretta porzione anteriore della bocca mediante conformazione a tubo delle labbra. Nel passaggio dall'*i* all'*u* lombardo questa porzione anteriore della bocca si allunga ancora di due, sui sei centimetri di allungamento che aveva nella pronuncia dell'*i*.

Dai movimenti che subisce una sonda introdotta dalle narici con-

tro il velopendolo, Czermak desunse i movimenti proprii di questo sipario nella pronuncia delle diverse vocali. Secondo Czermak, il velopendolo è al massimo rilasciato ed abbassato nella pronuncia dell'*a*; al massimo teso ed elevato quasi orizzontalmente nella pronuncia dell'*i*, per modo da essere intercettato il passaggio dalle fauci alle narici. Injettando infatti dell'acqua dalle narici, essa non passa alle fauci nella pronuncia dell'*i*, mentre invece vi passa pronunciando l'*a* e comincia anzi a passare nella pronuncia dell'*e* quando si pronuncino nel seguente ordine le vocali *i u o e a*. Se nella pronuncia delle vocali, mediante abbassamento del velopendolo si lascia libera la comunicazione fra la cavità delle fauci e delle narici, si ottiene il timbro nasale, quale figura normalmente in francese nella pronuncia, per esempio, delle parole *on, un*, ecc. Questo timbro non è dovuto a rumore nasale determinato dalla corrente aerea, sibbene ad una vera risonanza nasale, attalchè più distinto emerge quando la corrente aerea è ostacolata da patologico stringimento della cavità delle narici o da chiusura del naso colle dita.

Nella pronuncia sonora o non sonora del *dittongo*, la cavità della bocca passa dall'atteggiamento della vocale precedente a quello della vocale successiva.

Willis fu il primo a dimostrare con istromenti a linguetta, che il carattere vocale dipende dalla dimensione del corpo, avendo egli ottenuto il carattere dell'*i e a o u* col graduato allungamento del medesimo, ed avendo da questo allungamento calcolato le altezze dei toni corrispondenti a ciascuna vocale.

Successive ricerche di Donders confermarono, consistere il carattere vocale nell'altezza del tono da lunghezza del corpo, ma dimostrarono pure e principalmente contro Brücke, non essere soltanto il tono laringeo quello che raggiunge in tal guisa il carattere o timbro vocale.

Soffiando in soli ed isolati corpi (che congiunti ai rispettivi stromenti a linguetta davano distinte vocali) Donders ottenne istessamente il carattere vocale con una distinzione prossima a quella del parlar sottovoce, in cui si ha pure distinto il carattere vocale senza tono laringeo.

E fu pure appunto dimostrato dallo stesso Donders, che in questa maniera di eloquio la cavità della bocca è registrata ad un tono di altezza determinata per ciascuna vocale, invariabile pel sesso e per l'età, e determinante colle sue variazioni quelle modificazioni del carattere vocale che si osservano nei diversi dialetti. Secondo lo stesso Donders i toni dominanti per le diverse vocali sarebbero:

per la vocale	*a*	il tono	b_1
» »	*o*	»	d_1
» »	*u*	»	f_1
» »	*u* (lomb.)	»	a_2
» »	*i*	»	f_3
» »	*e* due toni dominanti, dei quali più alto il tono	. . . »	c_3

Queste indicazioni non sono incondizionatamente accettabili in ogni loro dettaglio. Vorrebbesi, ad esempio, che il tono dominante di *a* fosse di una ottava più basso; che vi fossero due toni dominanti nell'*i* e così via. Sta però inconcusso il principio stabilito da Donders, che i toni dominanti del parlar sottovoce insorgono immutati anche nell'eloquio sonoro accanto ai variamente alti toni fondamentali laringei.

Con metodi più esatti di ricerca, quali sono sommariamente indicati al § 52, Helmholtz non solo confermava analiticamente la esistenza dei toni proprii del corpo, determinando le condizioni acustiche della loro insorgenza; ma battendo anche una via sintetica, riproduceva artificialmente le vocali con questi toni caratteristici. Mediante i risuonatori Helmholtz trovava, che dei diversi sopratoni della voce umana, alcuni soltanto si rinforzano considerevolmente e questi alcuni variano colla forma della cavità orale. Determinava quindi con esattezza la risuonanza di questa cavità, ovvero sia l'altezza del tono cui sarebbe registrata la massa d'aria che essa contiene nelle sue diverse forme, cercando nella serie dei diapason quelli, i cui toni subissero il massimo rinforzo al davanti della bocca. Ottenne che: l'altezza dei toni massimamente risuonanti nella bocca dipende esclusivamente dalla vocale per la cui pronuncia la bocca stessa è conformata. Questi toni buccali di rinforzo, come già stabiliva anche Donders, non presentano differenze di sesso o di età e solo si modificano col diverso timbro della vocale nei diversi dialetti. Nelle vocali *u o* ed *a* non vi ha che un tono a forte risonanza. Se infatti la bocca si atteggia ad anfora senza collo e a stretta apertura, come nella pronuncia della *u*, il tono fondamentale della sua massa è *f*, che sale gradatamente fino a *b* nel passaggio dall'*u* all'*o*, salendo ancora fino a b_2 o a d_3 nel passaggio dall'*o* ai diversi timbri dell'*a*. Quando invece la bocca, nella pronuncia dell'*e* e dell'*i*, assume la forma di un'anfora a collo stretto, in allora vi ha un tono proprio tanto più basso, quant'è maggiore il corpo dell'anfora e un altro tono proprio, tanto più alto, quant'è più stretto il collo della medesima: epperò abbiamo f_1 e b_3 nella pronuncia

dell'*e*; *f* e d_4 nella pronuncia dell'*i*; *f* e g_5 nella pronuncia dell'*u* lombardo.

I rumori d'attrito laringei, che nel parlar sottovoce sostituiscono gli omonimi toni, acquistando poi il timbro vocale per risuonanza nella bocca, furono studiati da Czermak, il quale opina, che il rumore d'attrito dell'*h* aspirata e del parlar sottovoce non possa derivare da un semplice aumento della pressione espiratoria, che produce pure un *rumore alitante* simile, ma più dolce di quello dell'*h* aspirata, e dipendente pur esso dall' attrito. Secondo Czermak, devesi pure all'attrito il rumore dell'*h* aspirata nell'eloquio sonoro, però con una glottide più ristretta che nella semplice respirazione, comunque varii il modo ed il grado di questo stringimento. Se per avvicinamento reciproco delle cartilagini aritnoidi e dei processi vocali la glottide è convertita in una fessura più o meno ristretta, il rumore è sempre debole, perchè non può essere rinforzato coll'aumento della pressione respiratoria, senza convertirsi in un tono. Il rumore d'attrito può essere invece rinforzato coll'aumento della pressione respiratoria, quando per rotazione interna dei processi vocali, la porzione di glottide posteriore a questi processi si atteggia ad apertura triangolare, restando lineare la porzione anteriore (glottide prefonica). L'abbassamento dell' epiglottide sui legamenti superiori della glottide e sulle divaricate punte delle aritnoidi forma quivi una specie di tubo lamellare, per il quale, ad aumentata pressione, l'aria passa con un forte rumore di soffio, che si applica nell'eloquio alla pronuncia dell' *h* aspirata, con subito passaggio da questa forma di glottide a quella della glottide fonica, se all'*h* aspirata debba seguire la sonora (per vibrazione di corde) pronuncia di una vocale. Nel parlar sottovoce il rumore dell'*h* aspirata non può durare a lungo da solo, perchè in causa della risuonanza buccale, assume ben presto il timbro dell' una o dell'altra vocale.

§ 126. *Consonanti.*

Fisiologicamente parlando, le consonanti sono rumori insorgenti dallo stringimento o dall'occlusione opposta all'aria espirata in tre parti principali del corpo dell'apparato fonico, che sono le labbra, la cavità della bocca e le fauci. Tutte le consonanti possono essere pronunciate indipendentemente dalla concomitanza di un tono laringeo; la maggior parte si possono pronunciare concomitate a questo tono; alcune non si possono e restano quindi sempre mute. Dal peculiare atteggiamento che per la loro pronuncia assume il corpo

dell'apparato fonico, possiamo distinguerle in *labbiali*, *linguali* e *gutturali*.

Le *consonanti labbiali* comprendono tre gruppi, a seconda che i relativi rumori s'ingenerano. 1.° Nella bocca chiusa, come nella pronuncia dell'*m*. 2.° Dal passaggio dell'aria attraverso le labbra, che prima erano chiuse o dal suo intercettamento per rapida chiusura delle medesime, come nella pronuncia del *b* e del *p*. 3.° Dal passaggio dell'aria per l'apertura buccale peculiarmente atteggiata e ristretta, come nella pronuncia dell'*f* e del *v*.

1. Nella pronuncia dell'*m* ed anche dell'*n*, il tono laringeo o il rumore, se trattasi di eloquio afonico, acquista un timbro particolare, dovuto a risuonanza della cavità delle narici, per cui alcuni chiamano anche *nasali* queste consonanti. Sotto il punto di vista del loro carattere acustico esse dovrebbero quindi appartenere piuttosto ad una vocale che ad una consonante, ma vi ha la differenza, che mentre nelle vocali le narici posteriori sono più o meno chiuse e la risonanza ha luogo nella bocca, in queste consonanti invece la bocca è chiusa anteriormente in maggiore o minor vicinanza alle fauci, e l'aria espirata, per abbassamento del velopendolo, passando alle narici, determina la risonanza di queste e della parte pervia della bocca. Questa parte è maggiore ed è anzi tutta la bocca che risuona colle narici, quando, nella pronuncia dell'*m*, la bocca stessa è chiusa dalle labbra e la lingua è abbassata. È in vario grado minore invece nella pronuncia dell'*n*, che può essere posteriore od anteriore. È posteriore, quando la bocca è chiusa posteriormente dall'avvicinamento della base della lingua all'abbassato velopendolo, come nelle parole *franco, Lanfranco;* è anteriore, quando la bocca è chiusa più all'avanti dalla punta della lingua portata verso i denti superiori, come nelle parole *pane*, *nesso*, *amante*, ecc. L'artificiale o patologico impedimento al passaggio dell'aria per le narici diminuisce la risuonanza e rende quindi imperfetta la pronuncia dell'*m* e dell'*n* specialmente posteriore.

2. Ad un secondo gruppo di consonanti labbiali spettano il *b* ed il *p*, che insorgono tanto per meno o più forte eruzione dell'aria espiratoria fra le labbra meno o più subitamente aprentisi, quanto per meno o più forte arresto dell'aria inspiratoria contro le labbra meno o più subitamente chiudentisi. In ogni caso le labbra non hanno una tale tensione da vibrare sonoramente al passaggio od all'urto dell'aria.

Pronunciamo queste consonanti nella seconda maniera, quando sono immediatamente precedute da una vocale, come in *ab ip*, e se ad esse succede un'altra vocale od una consonante per la pronun-

cia della quale si esige che l'aria sfugga dalle labbra aperte, in allora si congiungono in certa guisa le due maniere di pronuncia del *b* e del *p*, con precedente pronuncia per interruzione e successiva per eruzione. Che però anche la sola interruzione basti a dare il caratteristico rumore del *b*, lo dimostra il fatto della sua distinta pronuncia quando è preceduto da una vocale e susseguito da una consonante, la quale, come la *m*, non esiga, per la sua pronuncia, apertura di bocca. Esempii di questo genere ne abbiamo nelle lingue ricche di consonanti, come nelle parole tedesche *abmalen, abmessen* (*dipingere*, *misurare*). In queste parole le labbra si chiudono alla pronuncia per interruzione del *b* e non si riaprono se non dopo la pronuncia dell'*m*. Quando invece *b* e *p* si pronunciano per eruzione, non restano isolate, ma vi si congiunge un breve suono vocale di *e*, prodotto dall' aria erompente, specialmente nella pronuncia del *p*.

Il *b* e *p* senza precedenza di vocale (pronunciate quindi per eruzione) possono essere seguite da quelle consonanti, per la pronuncia delle quali possiamo dare agli organi della loquela il conveniente atteggiamento, prima ancora che siensi aperte le labbra alla pronuncia di *b* o *p*. Così, per esempio, possiamo riunire immediatamente al *b* la *r*, ma non la *n* al *p*, poichè la pronuncia dell'*n*, esigendo la chiusura interna della bocca, impedisce l'eruzione dell'aria per la pronuncia del *p*, motivo per cui, nelle parole in cui la *n* succede al *p*, come in *pneuma*, intercede fra *p* ed *n* un piccolo *e*. Quello che avviene di *n* avviene anche di *t* successivo a *p*.

Pel predetto, la pronuncia del *b* e del *p* dipende dalla celerità di chiusura od apertura delle labbra e dalla forza della corrente aerea contr'esse o fra esse. Non tutti però convengono in ciò, ritenendo alcuni sempre muto il *p*, che si pronuncierebbe a glottide aperta: sempre unito ad un tono laringeo il *b*, che si pronuncierebbe a glottide chiusa; differenza questa che passerebbe anche fra *d* e *t*, con sostituzione di un rumore laringeo al tono nell'eloquio sonoro. È facile però rilevare, in accordo con G. Müller, che in in amendue le specie di eloqui, anche il *b* è un muto rumore labbiale, non intonabile dalla laringe, se non mediante una vocale. Ciò rilevasi ancor meglio quando nella pronuncia del *b* interruttivo, come in *ab*, cessa il tono vocale all'insorgere del rumore labbiale di *b*.

3. Ad un terzo gruppo di consonanti labbiali spettano dei rumori di soffio destato dall'aria respiratoria durante il suo passaggio per la ristretta apertura della bocca. Vi appartiene la *f*, che diamo, appoggiando leggermente sul labbro inferiore gl'incisivi superiori

ed obbligando l'aria espiratoria a passare fra essi. Si ottiene pure, ma meno agevolmente la *f*, poggiando sul labbro superiore gl'incisivi inferiori. Atteggiamo analogamente la bocca nella pronuncia di *v*, la quale però, ad essere bene espressa e differenziata dalla *f*, ha bisogno dell'apertura della bocca o dal distacco degli incisivi superiori dal labbro inferiore, motivo per cui si ritiene da alcuni, non senza ragione, che non possa essere pronunciata muta, ma che debba essere accompagnata da un rumore o da un tono laringeo.

Le *consonanti linguali* richiedono, per la loro pronuncia, uno stringimento od una occlusione di varia forma della cavità della bocca per opera della lingua variamente atteggiata. Si dividono in due gruppi, a seconda: 1.° Che la cavità della bocca è occlusa e che l'aria espirata forza od urta l'occlusione. 2.° Che l' aria passa per una parte ristretta della bocca.

1. Al primo gruppo spettano: *d* e *t*, che in ogni loro rapporto corrispondono a *b* e *p*, colla differenza che la occlusione invece di essere fatta dalle labbra, che sono aperte, è fatta dalla punta della lingua, che si porta al di dietro degli incisivi superiori o contro la porzione anteriore del palato osseo. Amendue queste consonanti sono anch'esse mute e si formano pure, come *b p*, per repentina interruzione della corrente espiratoria, potendosi pure amendue pronunciare senza successiva apertura della bocca, come nella parola *Etna*, in cui, dopo la pronuncia del *t*, la bocca rimane ancor chiusa internamente per la pronuncia dell'*n*, prima di aprirsi alla vocale *a*.

2. Le linguali del secondo gruppo sono più numerose e più svariato il loro timbro, attese le svariate forme di stringimento che nelle diverse parti della bocca può produrre la lingua colla sua grande mobilità. Vi spettano la *s* e la *z*; la *j*, il *ch* e *sch* tedesco e francese, la *l* e la *r*, il *c* ed il *g*.

Per pronunciare la *s* avviciniamo i denti delle due mascelle e portiamo la punta della lingua nella stessa posizione che in *d*, colla differenza che essa non poggia ai denti superiori o al palato, ma ne dista alquanto e per modo, che l'aria passi fischiando nel tratto intermedio e fra i denti. Aumentando la resistenza della lingua con indurimento contrattile della sua punta, il fischio aereo assume il timbro della *z*.

Dalla *s* si passa al *sch* tedesco e al *ch* francese (come in *Schiller* e *Chalon*) arretrando alquanto, dalla posizione precedente, la lingua od allungando posteriormente lo spazio fra essa ed il palato osseo coll'avvicinare al medesimo anche una porzione del dorso della lingua. Avvicinando invece la porzione posteriore del dorso linguale

al palato, per modo, da lasciare fra essi un esilissimo spazio, restando ampia la bocca posteriormente ed anteriormente al medesimo ed aprendo le labbra, ci atteggiamo alla pronuncia di *c* o di *g*, di *j* (pronunciato *je* come in *jeri*) e del *ch* tedesco.

Nella pronuncia di *l* ed *r* la corrente espiratoria fa vibrare in vario grado delle parti che trovansi tese nella cavità della bocca, per cui queste due consonanti furono anche dette *vibranti*. Per la pronuncia di *l*, portiamo la punta della lingua, come in *d* od *n*, contro il palato osseo, lasciando all'aria un ristretto passaggio fra i suoi margini e la superficie posteriore dei denti molari. I margini linguali entrano in vibrazione periodica senza sospendere la corrente aerea, ma modificandola soltanto nella sua intensità.

Nella pronuncia dell'*r* sono varie le parti che possono entrare in vibrazione. Generalmente è la punta della lingua, che viene avvicinata al palato osseo, come in *d*, indurita per azione muscolare e messa dalla corrente aerea in movimento vibratorio, che dà luogo al periodicamente interrotto rumore d'attrito proprio dell'*r*. Le vibrazioni sono sì lente da potersi vedere coll'occhio e tanto lente (tuttochè non numerevoli) da non dar luogo ad alcun tono.

Nella lingua francese, in varii dialetti tedeschi e in quelli che hanno deficente la pronuncia dell'*r* linguale, le vibrazioni proprie di questa consonante avvengono invece nel velopendolo per opera dell'aria, che trova ristretto il passaggio alla bocca dalla elevazione del dorso della lingua verso il palato osseo. Brücke e Czermak ammettono anche un'*r* laringeo, il quale, secondo Brücke, insorgerebbe, quando cantando in toni sempre più bassi, le corde vocali soverchiamente tese vengono superate e il tono si converte nel rumore proprio della *r*.

Le consonanti gutturali, la cui pronuncia avviene per stringimento della bocca nei paraggi delle fauci, potrebbero essere ascritte alle linguali, perchè è sempre la lingua quella che colla sua elevazione produce lo stringimento. Vi spettano l'*n* nasale dei francesi, che sarà quindi la da noi retro accennata *n* posteriore. Vi spettano pure il *g* tedesco (*ghe* italiano) il *go* come in *governo*, il *k* ridotto a *ca* e il *q*, che similmente alle labbiali *b p* ed alle linguali *d t*, devono il loro carattere a più o meno dolce irruzione dell'aria traverso la superata chiusura.

Nel corpo dell'apparato fonico può insorgere la pronuncia di moltissime altre voci, le quali non figurano nelle diverse lingue, essendosi in genere prescelte quelle più facili a pronunciarsi e ad udirsi. Molte lingue, per esempio, mancano del *b*, dell'*r*, dell'*l*. La lingua araba designa colla parola *hamze* una voce laringea, che

corrisponde simultaneamente al *b* labbiale, al *d* linguale, al *q* gutturale e nelle lingue dell'Africa meridionale campeggiano molto le voci stridule.

Le diverse voci vengono espresse per iscritto con dei segni (*lettere*) che non sempre corrispondono allo scopo, perchè si hanno segni multipli per voci semplici, come in *sch* tedesco, e in *ch* francese; o viceversa segni semplici per voci composte come in *x* eguale a *cs*; o segni diversi per voci eguali, come in *ca* e *q*. Per lo studio comparativo e fisiologico delle lingue sarebbe a desiderarsi realizzato il concetto, già vagheggiato nel XVI secolo da Ramus, di un *alfabeto fonico*, il quale simboleggiasse ogni voce con un proprio segno, facile a riconoscersi e a scriversi, e conducente alla possibilità di pronunciare parole straniere senza mai averle udite.

§ 127. *Innervazione dell'eloquio.*

I nervi motori, che principalmente agiscono sui gruppi muscolari chiamati a modificare la cavità della bocca nella pronuncia, sono:

Il 5.° pajo, che dal pterigoideo interno dà rami ai muscoli del velopendolo.

Il 7.° pajo per le sue diramazioni alle labbra e dal ganglio genicolato, pel petroso superficiale maggiore, al velopendolo.

Il 9.° pajo per i suoi rami faringei.

Il 10.° pajo, pure per i suoi rami faringei e per il laringeo inferiore.

Il 12.° pajo per la innervazione della lingua.

Questa dipendenza però dal sistema nervoso non è che per la parte meccanica del linguaggio, il quale si tiene pure in dipendenza psichica coi centri nervosi.

Astraendo infatti dalle corruttrici influenze che potessero rendere per avventura accettabile, per l'uomo sociale, la famosa sentenza di Talleyrand, non è men vero che per l'uomo naturale il linguaggio è il pensiero parlante. Questa parola rivelatrice del pensiero, per lo più volontaria, è anche qualche volta involontaria, come osservasi spesso negli infanti, negli ammalati che hanno lese le facoltà psicologiche e in genere in tutti gli uomini, che trovansi sotto la influenza d'insistenti pensieri o di forti passioni od affetti.

Vi hanno malattie cerebrali, in cui la intelligenza è intatta, e l'ammalato esprime rettamente il suo pensiero col gesto o collo scritto, ma non parla, o per impossibilità di pronunciare, o perchè non trova o trova falsa parola, malgrado che sia mantenuta la mobilità dell'apparato fonico. Abbiamo in allora l'*afasia*, che per la

sua frequente congiunzione all' emiplegia destra, accennerebbe, secondo Bouillaud, ad una compartecipazione dell' emisfero cerebrale sinistro. Sarebbesi infatti riscontrato che le malattie della seconda e più ancora della terza circonvoluzione cerebrale di sinistra sono assai frequentemente congiunte all'afasia.

FINE.

Prezzo del presente volume

It. L. 12.